

S.G.C. E78 GROSSETO – FANO

Tratto Siena Bettolle (A1)

Adeguamento a 4 corsie del tratto Siena–Ruffolo (Lotto 0)

PROGETTO DEFINITIVO

COD. FI-81

R.T.I. di PROGETTAZIONE: Mandataria

Mandante



PROGETTISTI:

Ing. Riccardo Formichi – Pro Iter srl (Integratore prestazioni specialistiche)
Ordine Ing. di Milano n. 18045

Ing. Riccardo Formichi – Pro Iter srl
Ordine Ing. di Milano n. 18045

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Massimo Mezzanatica – Pro Iter srl
Albo Geol. Lombardia n. A762

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. Enrico Moretti – Erre.vi.a. srl
Ordine Ing. di Milano n. 16237

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Ing. Raffaele Franco Carso



PROTOCOLLO

DATA

06 - OPERE D'ARTE

06.05 - OPERE D'ARTE MAGGIORI - GALLERIE

06.05.00 - Gallerie S. Lazzerò e Bucciano

Relazione monitoraggio

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00GN00OSTRE03A.pdf		
DPFI0081	D	20	CODICE ELAB. T00GN00OSTRE03	A	R
D					
C					
B					
A	Emissione		Ottobre 2020	Bellini	Formichi
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

INDICE

1	INTRODUZIONE	1
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	2
3	DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO – OPERE IN SOTTERRANEO	3
3.1	Gallerie naturali di nuova costruzione.....	3
3.1.1	Perforazioni di prospezione e drenaggi in avanzamento	3
3.1.1.1	Descrizione	3
3.1.1.2	Frequenza di indagine	3
3.1.1.3	Sistema di acquisizione	3
3.1.1.4	Restituzione dei dati	4
3.1.2	Rilievo geomeccanico del fronte di scavo.....	4
3.1.2.1	Descrizione	4
3.1.2.2	Frequenza di indagine	4
3.1.3	Misura delle convergenze del cavo con sistema ottico	4
3.1.3.1	Descrizione	4
3.1.3.2	Frequenza di indagine	5
3.1.3.3	Sistema di acquisizione	5
3.1.3.4	Restituzione dei dati	6
3.1.4	Misure di estrusione al fronte di scavo.....	6
3.1.4.1	Descrizione	6
3.1.4.2	Frequenza di indagine	6
3.1.4.3	Sistema di acquisizione	7
3.1.4.4	Restituzione dei dati	7
3.1.5	Misure dello stato tensio-deformativo del rivestimento di prima fase	7
3.1.5.1	Descrizione	7
3.1.5.2	Frequenza di indagine	7
3.1.5.3	Acquisizione e restituzione dei dati	7
3.1.6	Misure dello stato tensio-deformativo del rivestimento definitivo.....	7
3.1.6.1	Descrizione	7
3.1.6.2	Frequenza di indagine	8
3.1.6.3	Acquisizione e restituzione dei dati	8
3.1.7	Monitoraggio laserscan del rivestimento di prima fase	8
3.1.7.1	Descrizione	8
3.1.7.2	Frequenza di indagine	8
3.1.7.3	Acquisizione e restituzione dei dati	8
3.1.8	Indagine georadar del rivestimento definitivo.....	9
3.1.8.1	Descrizione	9
3.1.8.2	Frequenza di indagine	9
3.1.8.3	Acquisizione e restituzione dei dati	9
3.1.9	Valori di soglia.....	9
3.2	Gallerie esistenti.....	11
3.2.1	Ispezione visiva.....	11
3.2.1.1	Descrizione	11
3.2.1.2	Frequenza di indagine	11
3.2.2	Fessurimetri sul rivestimento definitivo	11
3.2.2.1	Descrizione	11
3.2.2.2	Frequenza di indagine	11
3.2.3	Martinetti piatti nel rivestimento definitivo	11
3.2.3.1	Descrizione	11

3.2.3.2	Frequenza di indagine	12
3.2.4	Valori di soglia	12
3.3	Imbocchi.....	13
3.3.1	Controlli topografici.....	13
3.3.1.1	Descrizione	13
3.3.1.2	Modalità di installazione.....	13
3.3.1.3	Frequenza di indagine	14
3.3.1.4	Acquisizione dei dati	14
3.3.2	Celle di carico su tiranti / puntoni.....	14
3.3.2.1	Descrizione	14
3.3.2.2	Modalità di installazione.....	14
3.3.2.3	Frequenza di indagine	15
3.3.3	Barrette estensimetriche nel solettone di contarsto	15
3.3.3.1	Descrizione	15
3.3.3.2	Modalità di installazione.....	15
3.3.3.3	Frequenza di indagine	15
3.3.3.4	Restituzione dei dati	15
3.3.4	Misure piezometriche	15
3.3.4.1	Descrizione	15
3.3.4.2	Frequenza di indagine	16
3.3.4.3	Acquisizione e restituzione dei dati	16
3.3.5	Misure inclinometriche.....	16
3.3.5.1	Descrizione	16
3.3.5.2	Frequenza di indagine	16
3.3.5.3	Acquisizione e restituzione dei dati	17
3.3.6	Monitoraggio laserscan del rivestimento di prima fase	17
3.3.6.1	Descrizione	17
3.3.6.2	Frequenza di indagine	17
3.3.7	Valori di soglia.....	17
3.4	Monitoraggio da piano campagna	20
3.4.1	Parametri monitorati e valori di soglia.....	20
3.4.2	Sezioni di monitoraggio topografico / topografico e geotecnico	22
3.4.2.1	Descrizione	22
3.4.2.2	Frequenza di indagine	22
3.4.3	Mire ottiche sugli edifici	22
3.4.3.1	Descrizione	22
3.4.3.2	Frequenza di indagine	22
3.4.4	Clinometri di superficie sulle pareti degli edifici.....	23
3.4.4.1	Descrizione	23
3.4.4.2	Frequenza di indagine	23
3.4.5	Fessurimetri sugli edifici	23
3.4.5.1	Descrizione	23
3.4.5.2	Frequenza di indagine	23
4	CONTROLLO E GESTIONE DEI DATI MONITORATI	24
4.1	Elaborazione dei dati.....	24
4.2	Gestione del sistema di monitoraggio.....	24
4.2.1	Unità operativa	24
4.2.2	Unità di supporto tecnico alla Direzione Lavori	24
4.3	Piattaforma gestione dati.....	24
5	SUDDIVISIONE E QUANTIFICAZIONE DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO.....	25
5.1	Gallerie di nuova costruzione, imbocchi, gallerie esistenti	25
5.2	Monitoraggio da piano campagna	28

6	SPECIFICHE TECNICHE STRUMENTAZIONE.....	30
6.1	Rilievi geomeccanici: martello di Schmidt e point load test.....	30
6.1.1	Martello di Schmidt.....	30
6.1.2	Point Load Test.....	30
6.2	Sondaggio a distruzione con DAC test.....	32
6.3	Mire ottiche.....	33
6.4	Estensimetri a corda vibrante.....	34
6.5	Celle di carico al piede delle centine.....	36
6.6	Laser scanner.....	37
6.7	Georadar.....	38
6.8	Celle di carico sui tiranti.....	39
6.9	Piezometri.....	39
6.10	Inclinometri.....	40
6.11	Clinometri.....	42
6.12	Fessurimetri.....	44

1 INTRODUZIONE

La presente relazione si inserisce nel contesto del Progetto Definitivo della E78 Grosseto Fano, tratto Siena – Bettolle e ha come obiettivo quello di illustrare il sistema di monitoraggio per le gallerie San Lazzerò e Bucciano.

L'intervento previsto nel Progetto Definito, del quale fanno parte le gallerie San Lazzerò e Bucciano, consiste in un adeguamento dell'attuale Strada Statale 223 nel tratto situato poco a sud di Siena compreso indicativamente fra lo svincolo di Cerchiaia a ovest e il comune di Abbadia a est. In particolare, per tale viabilità, è previsto in progetto un aumento del numero di corsie il quale passa da 2 a 4. Pertanto, per le gallerie San Lazzerò e Bucciano, oggi esistenti a singola canna, si prevede il raddoppio delle canne mediante la realizzazione di una nuova canna (lato est) e, in aggiunta, l'ampliamento della canna esistente (lato ovest) dovuto al fatto che quest'ultima conterrà la nuova carreggiata avente dimensione trasversale leggermente superiore rispetto alla sistemazione attuale.

Si evidenzia inoltre che, durante la realizzazione delle due gallerie, non verrà interrotto il traffico attualmente attivo sulla viabilità esistente e, pertanto, affinché ciò sia possibile, le fasi esecutive relative alle due canne di ciascuna delle gallerie in oggetto dovranno essere le seguenti:

1. realizzazione della nuova canna (lato est) con traffico in esercizio sulla canna esistente;
2. adeguamento della canna esistente (lato ovest) a seguito dello spostamento del traffico sulla canna nuova già ultimata.

In Figura 1 si riporta l'ubicazione delle gallerie in oggetto.

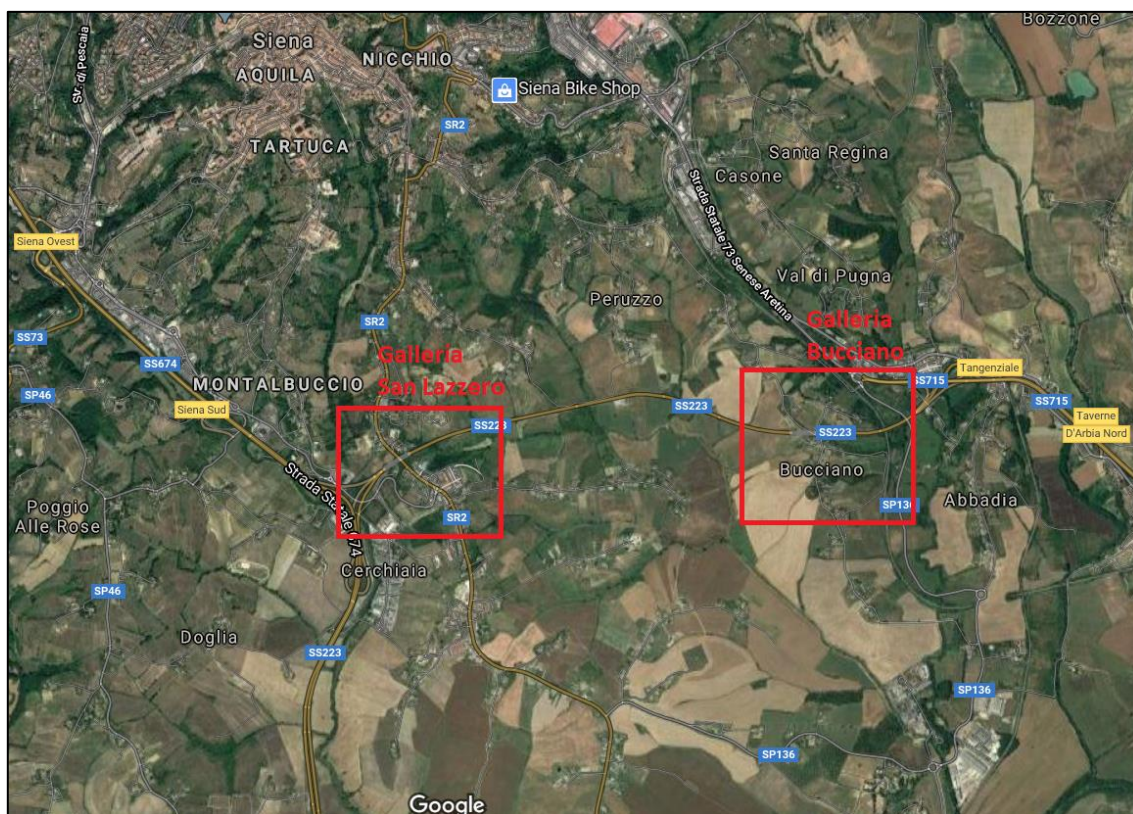


Figura 1 – Inquadramento planimetrico delle opere in oggetto: galleria San Lazzerò e galleria Bucciano

Per una presentazione più dettagliata del progetto e delle opere che lo compongono si vedano gli elaborati [1], [2], [10].

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [1] T00GN00OSTRE01A – Relazione tecnica e di calcolo galleria naturale
- [2] T00GN01OSTRE02A – Galleria San Lazzerò – Relazione di calcolo opere di sostegno
- [3] T00GN01OSTDI01A – Galleria San Lazzerò – Monitoraggio – Planimetria e sezioni
- [4] T00GN01OSTSE05A – Galleria San Lazzerò carreggiata ovest – Sezione d'imbocco – Consolidamenti, fasi di scavo e carpenterie
- [5] T00GN01OSTST01A – Galleria San Lazzerò carreggiata ovest – Sezione tipo – Consolidamenti, fasi di scavo e carpenterie
- [6] T00GN01OSTFG01A – Galleria San Lazzerò carreggiata ovest – Profilo geotecnico e progettuale di previsione
- [7] T00GN02OSTSE05A – Galleria San Lazzerò carreggiata est – Sezione d'imbocco – Consolidamenti, fasi di scavo e carpenterie
- [8] T00GN02OSTST01A – Galleria San Lazzerò carreggiata est – Sezione tipo – Consolidamenti, fasi di scavo e carpenterie
- [9] T00GN02OSTFG01A – Galleria San Lazzerò carreggiata est – Profilo geotecnico e progettuale di previsione
- [10] T00GN03OSTRE02A – Galleria Bucciano – Relazione di calcolo opere di sostegno
- [11] T00GN03OSTDI01A – Galleria Bucciano – Monitoraggio – Planimetria e sezioni
- [12] T00GN03OSTSE05A – Galleria Bucciano carreggiata ovest – Sezione d'imbocco – Consolidamenti, fasi di scavo e carpenterie
- [13] T00GN03OSTST01A – Galleria Bucciano carreggiata ovest – Sezione tipo – Consolidamenti, fasi di scavo e carpenterie
- [14] T00GN03OSTFG01A – Galleria Bucciano carreggiata ovest – Profilo geotecnico e progettuale di previsione
- [15] T00GN04OSTSE05A – Galleria Bucciano carreggiata est – Sezione d'imbocco – Consolidamenti, fasi di scavo e carpenterie
- [16] T00GN04OSTSE06A – Galleria Bucciano carreggiata est – Dima e concio di attacco - lato Fano – Consolidamenti, fasi di scavo e carpenterie (Stefano)
- [17] T00GN04OSTST01A – Galleria Bucciano carreggiata est – Sezione tipo – Consolidamenti, fasi di scavo e carpenterie
- [18] T00GN04OSTFG01A – Galleria Bucciano carreggiata est – Profilo geotecnico e progettuale di previsione
- [19] Norme Tecniche delle Costruzioni 2018 – NTC 2018
- [20] Circolare 21/01/2019, n. 7 C.S.LL.PP – Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

3 DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO – OPERE IN SOTTERRANEO

Scopo del presente capitolo è delineare il programma di monitoraggio che verrà adottato per il controllo tensio-deformativo delle gallerie e dei terreni interessati dagli scavi.

Nei paragrafi che seguono vengono indicate le caratteristiche e le modalità esecutive del programma di monitoraggio.

3.1 Gallerie naturali di nuova costruzione

Per poter acquisire in corso d'opera il maggior numero possibile di informazioni qualitativamente significative ai fini progettuali, e valutare:

- l'entità e le modalità di manifestazione dei fenomeni di deformazione;
- l'efficacia degli interventi di consolidamento e di confinamento e delle modalità costruttive,

è stato definito un sistema di monitoraggio in corso d'opera, parte integrante del progetto, che consenta altresì il controllo del comportamento tensio-deformativo dell'ammasso e delle strutture durante la costruzione in modo da confermare e, se necessario, integrare per tempo gli interventi progettati.

Il sistema di monitoraggio è costituito da:

- perforazioni di prospezione e drenaggi in avanzamento;
- rilievi sistematici del fronte di scavo;
- stazioni di misura delle convergenze del cavo con sistema ottico;
- strumentazione di controllo delle deformazioni del fronte di scavo tramite sistema ottico;
- stazioni di misura dello stato tensio – deformativo del rivestimento di prima fase;
- stazioni di misura dello stato tensio – deformativo del rivestimento definitivo;
- misura delle portate delle eventuali venute d'acqua intercettate durante l'avanzamento;
- monitoraggio del profilo di intradosso del rivestimento di prima fase (laserscan)
- monitoraggio dello spessore del rivestimento definitivo (georadar).

Con riferimento ai profili geomeccanici progettuali di previsione [6] [9] [14] [18] si riportano nel seguito la localizzazione delle stazioni di misura nonché le modalità e la frequenza con cui andranno eseguiti i controlli in corso d'opera.

3.1.1 Perforazioni di prospezione e drenaggi in avanzamento

3.1.1.1 Descrizione

Dovranno essere eseguite n. 4 perforazioni a distruzione di nucleo in avanzamento di diametro 100mm e lunghezza 24m, sovrapposizione minima 12m; ogni perforazione, avente un'inclinazione rispetto all'orizzontale minima di + 5°, dovrà essere attrezzata con tubo microfessurato Ø61mm, rivestito con TNT, per consentire il drenaggio di eventuali acque presenti sul contorno dello scavo.

3.1.1.2 Frequenza di indagine

Le perforazioni copriranno in continuo il tracciato della galleria, con passo e sovrapposizione indicate negli elaborati di progetto [4][5][7][8][12][13][15] [16] [17]. In questo modo si potrà individuare anticipatamente la variazione del materiale riscontrato lungo lo scavo e intervenire con le sezioni di scavo più adeguate.

3.1.1.3 Sistema di acquisizione

Le sonde di perforazione dovranno essere attrezzate con un sistema di registrazione automatica computerizzata per il rilievo, la registrazione, l'elaborazione e la restituzione in continuo dei seguenti parametri (DAC test):

- profondità di perforazione

- velocità di perforazione
- velocità di rotazione in fase di perforazione
- spinta in fase di perforazione
- portata del fluido di perforazione
- pressione del fluido di perforazione.

3.1.1.4 *Restituzione dei dati*

La documentazione di prova dovrà comprendere quanto sotto elencato:

- informazioni generali (progressiva, ubicazione sul fronte, data, inclinazione, ecc.)
- caratteristiche dell'attrezzatura di perforazione e delle modalità esecutive del foro
- grafico di cantiere con i parametri misurati e registrati
- note ed osservazioni di cantiere.

3.1.2 **Rilievo geomeccanico del fronte di scavo**

3.1.2.1 *Descrizione*

I rilievi hanno lo scopo di acquisire gli elementi relativi alle caratteristiche geo-litologiche e geotecnico-stratigrafiche dei terreni e di verificare il comportamento dei materiali in fase di avanzamento.

L'attività di rilievo del fronte di scavo dovrà essere materialmente eseguita da geologi o ingegneri geotecnici dotati di specifico addestramento ed esperienza.

Il fronte rilevato dovrà essere accuratamente descritto, con il corredo di fotografie e rilievi pittorici, precisando dettagliate informazioni su:

- granulometria dei terreni, stratigrafia, grado di arrotondamento, cementazione, addensamento e consistenza;
- condizioni idrologiche con eventuale misura delle portate drenate;
- stima del grado di coesione (percentuale della frazione di materiale limoso-argilloso e di eventuali strati cementati) e, nel caso di terreni coesivi saturi, misura della resistenza a compressione semplice (UCS) tramite penetrometro;
- descrizione del comportamento dei terreni allo scavo e segnalazione di eventuali anomalie nel rivestimento di prima fase.

Nella scheda verrà pertanto accuratamente descritta e rappresentata la distribuzione rispetto al fronte di scavo (chiave di calotta, piedritti, nucleo, soффondazione delle centine) dei livelli di terreno aventi caratteristiche litologiche e/o geotecniche differenti. Dovrà inoltre esserne descritto il comportamento in fase di scavo anche in relazione al tipo di preconsolidamento realizzato. Dovrà essere segnalata la presenza di venute d'acqua al fine di evitare, tramite opportuni interventi di drenaggio e allontanamento, la formazione di ristagni. Dovrà essere inoltre allegata la documentazione fotografica sia del fronte nel suo insieme che di dettagli che mettano in evidenza le caratteristiche dei litotipi rilevati.

Per ogni rilievo dovranno essere inoltre annotate la progressiva raggiunta dallo scavo, la data, l'ora, il tipo di avanzamento, la lunghezza dello sfondo, la sezione di scavo e la copertura.

3.1.2.2 *Frequenza di indagine*

Si prevede la seguente frequenza:

- un rilievo ogni campo di avanzamento;
- in corrispondenza di cambiamenti litologici / geotecnici del materiale attraversato.

3.1.3 **Misura delle convergenze del cavo con sistema ottico**

3.1.3.1 *Descrizione*

Queste misure permetteranno una verifica delle ipotesi di progetto e della risposta del terreno allo scavo, consentendo una taratura ed una ottimizzazione degli interventi e delle modalità

esecutive da applicare nell'ambito di ogni sezione tipo.

Per la misura delle deformazioni delle pareti della galleria dovranno essere impiegati teodoliti a registrazione automatica e attrezzature elettroniche che permettano l'esecuzione di misure di distanza dello strumento dai punti di mira con errore < 1mm per distanze fino a 80m in condizioni di normale visibilità in galleria, e < 3c per le direzioni.

I punti di mira verranno realizzati con mire ottiche (riflettori) montate su normali bulloni di convergenza della lunghezza di almeno 0.5m cementati nella parete del cavo, oppure saldate alle centine.

Le mire ottiche saranno installate alla minima distanza possibile dal fronte di scavo.

Le mire riflettenti saranno fissate su chiodi infissi all'intradosso della cavità e sporgenti dal rivestimento di prima fase mediante l'utilizzo di:

- tondo in acciaio galvanizzato dotato di perno filettato.
- perno innesto tipo Leica per tondino filettato.
- montatura orientabile con target riflettente e perno per tondino (prismi cardanici riflettenti o catadiottri).

I perni dovranno essere posizionati sul betoncino proiettato di rivestimento in vicinanza del fronte di scavo, protetti da un "cappuccio" in ferro per garantire che non vengano danneggiati durante l'avanzamento successivo.

Dovranno essere installate n° 5 basi ottiche (una in calotta, due alle reni e due sui piedritti) per ogni stazione di misura.

3.1.3.2 Frequenza di indagine

Si prevede l'installazione di una stazione di convergenza posta in vicinanza al fronte e subito dopo il termine dell'avanzamento di ogni campo.

La frequenza di installazione delle sezioni dovrà essere intensificata in corso d'opera qualora si presentino situazioni particolari o critiche.

La misura dei profili di convergenza dovrà essere effettuata secondo le seguenti cadenze:

- giornalmente per le sezioni ove si verifichino spostamenti delle mire $u \geq 1\text{mm/g}$ e/o a distanza dal fronte tra 0 e 2ϕ . La prima lettura «zero» viene effettuata subito dopo l'installazione delle mire in corrispondenza del fronte di scavo;
- due letture a settimana per le sezioni ove si verifichino spostamenti delle mire $0.5\text{mm/g} \leq u < 1\text{mm/g}$ e/o a distanza dal fronte tra 2ϕ e 4ϕ ;
- mensilmente per le sezioni ove si verifichino spostamenti $u < 0.5\text{mm/g}$ e/o a distanza dal fronte $> 4\phi$.

Le misure verranno effettuate comunque in corrispondenza dei seguenti principali passi della costruzione:

- al termine del campo di avanzamento (lettura di zero) sull'ultima centina posta in opera
- a seguito del consolidamento sul fronte
- a seguito del consolidamento sul contorno
- dopo lo scavo e il getto dell'arco rovescio

Le misure verranno protratte fino alla completa stabilizzazione ($u < 0.1\text{mm/g}$) e comunque verrà eseguita una lettura prima della posa in opera dell'impermeabilizzazione.

3.1.3.3 Sistema di acquisizione

I movimenti relativi tra la testa dello strumento e gli ancoraggi dovranno essere misurati utilizzando un calibro digitale o dei trasduttori di spostamento elettrici.

I dati così raccolti verranno trasferiti tramite interfaccia ad un computer su cui verrà installato un software in grado di effettuare l'analisi, il processamento e la restituzione dei dati; in particolare il programma dovrà permettere:

- il calcolo della posizione dei punti di mira in coordinate locali (x, y, z);
- il calcolo delle differenze tra le coordinate dei punti di mira nelle diverse letture;
- la visualizzazione grafica dei risultati come più oltre specificato.

3.1.3.4 Restituzione dei dati

I risultati verranno visualizzati almeno nei seguenti grafici, per ogni sezione di misura:

- vettore spostamento di ogni mira in funzione del tempo con indicazione delle lavorazioni effettuate in galleria;
- vettore spostamento di ogni mira in funzione della distanza dal fronte di scavo con indicazione delle lavorazioni effettuate in galleria;
- spostamenti sulla sezione di misura con indicazione del profilo teorico;
- componenti x, y, e z di ogni mira in funzione del tempo con indicazione delle lavorazioni effettuate in galleria;
- componenti x, y, e z di ogni mira in funzione della distanza dal fronte con indicazione delle lavorazioni effettuate in galleria.

Nella figura seguente si riporta un esempio di restituzione, con misure di convergenza nel tempo (giorni) in funzione dell'avanzamento del fronte di scavo, del getto delle murette, dell'arco rovescio e del rivestimento definitivo.

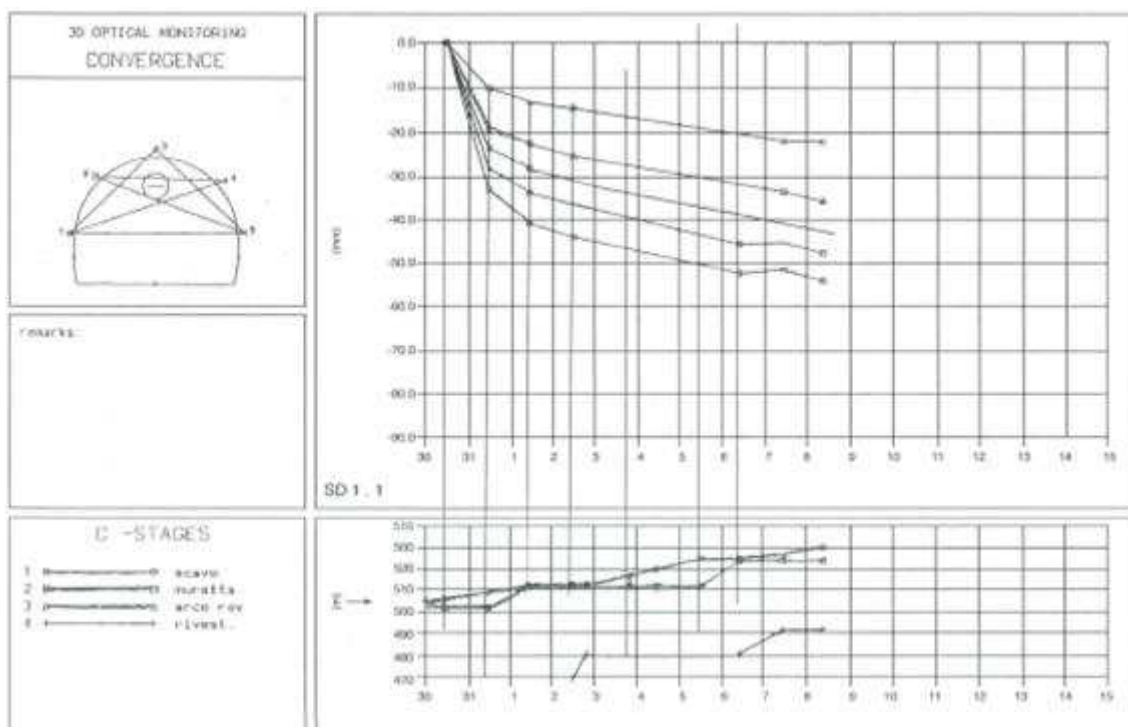


Figura 2 – Esempio di restituzione delle misure di convergenza

3.1.4 Misure di estrusione al fronte di scavo

3.1.4.1 Descrizione

Si prevedono misure ottiche di estrusione, tramite installazione di 12 mire ottiche (riflettori) sul fronte della galleria.

Tali misure consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica degli spostamenti superficiali del fronte di scavo nelle tre direzioni valutati per ogni stazione di misura. Il sistema di misura ha modalità analoghe a quello previsto per le convergenze ottiche, precedentemente descritto.

3.1.4.2 Frequenza di indagine

Si prevede l'installazione di una stazione di misura dell'estrusione del fronte al termine di ogni campo, subito dopo il termine dell'avanzamento.

Le misure verranno effettuate in corrispondenza dei seguenti passi della costruzione:

- al termine del campo di avanzamento (lettura di zero);

- prima dell'inizio del consolidamento sul fronte.

3.1.4.3 Sistema di acquisizione

I movimenti relativi tra la testa dello strumento e gli ancoraggi vengono misurati utilizzando un calibro digitale o dei trasduttori di spostamento elettrici.

Il sistema di acquisizione dei dati è lo stesso previsto in precedenza per le convergenze ottiche.

3.1.4.4 Restituzione dei dati

Le modalità di restituzione dei dati sono le stesse previste in precedenza per le misure di convergenza.

3.1.5 Misure dello stato tensio-deformativo del rivestimento di prima fase

3.1.5.1 Descrizione

Si prevede l'installazione di barrette estensimetriche a corda vibrante fissate sulle centine, posizionate in calotta e sui piedritti (n° 3 coppie), e di celle di carico sotto il piede delle centine (n° 2).

Tali misure consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica della deformazione / sollecitazione nelle centine.

Le barrette estensimetriche saranno installate a coppie (intradosso ed estradosso) sul profilato della centina in direzione assiale alla centina stessa. Le barrette saranno posizionate e saldate con dei supporti sulle facce interne delle ali delle centine e protette con profili metallici. Le barrette misurano le deformazioni dalle quali, sfruttando la relazione lineare in campo elastico tensioni-deformazioni, è possibile stimare le tensioni assiali sulla struttura.

Le celle di carico saranno installate sotto il piede delle centine. La cella di carico è costituita da un corpo in acciaio inossidabile sensibilizzato da delle griglie estensimetriche applicate all'interno del corpo stesso. La corretta ripartizione del carico sull'intera cella deve essere garantita da una piastra di acciaio. La deformazione indotta dal carico alla cella viene rilevata dalle griglie estensimetriche (strain gauges) e trasformata in un segnale elettrico proporzionale al carico agente.

3.1.5.2 Frequenza di indagine

Lungo il tracciato delle gallerie sono state previste n° 4 stazioni strumentate (n° 2 per la galleria San Lazzerò e n° 2 per la galleria Bucciano) individuate in funzione del contesto geomeccanico e di superficie.

La lettura di "0" degli strumenti dovrà essere effettuata immediatamente dopo l'installazione. In seguito, le misure saranno effettuate con la stessa cadenza delle misure di convergenza delle stazioni più vicine.

3.1.5.3 Acquisizione e restituzione dei dati

Il sistema di elaborazione dati avviene su software apposito e si richiedono i seguenti diagrammi e tabulati numerici:

- carichi o tensioni in funzione del tempo;
- carichi o tensioni in funzione della distanza dal fronte di scavo;
- deformazione in funzione del tempo e relativi delta rispetto lo "0".

3.1.6 Misure dello stato tensio-deformativo del rivestimento definitivo

3.1.6.1 Descrizione

Si prevede l'installazione di n. 4 coppie barrette estensimetriche a corda vibrante, posizionate in calotta, sui piedritti e in arco rovescio.

Tali misure consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica delle deformazioni assiali del calcestruzzo.

Le barrette estensimetriche a corda vibrante, fornite a coppie (intradosso ed estradosso), verranno saldate all'armatura del rivestimento. Le barrette misurano le deformazioni dell'acciaio dalle quali, sfruttando la relazione lineare in campo elastico tensioni-deformazioni, è possibile stimare le tensioni assiali sulla struttura.

3.1.6.2 *Frequenza di indagine*

Lungo il tracciato delle gallerie sono state previste n° 4 stazioni strumentate (n° 2 per la galleria San Lazzerò e n° 2 per la galleria Bucciano) individuate in funzione del contesto geomeccanico e di superficie.

La lettura di "0" degli strumenti dovrà essere effettuata immediatamente dopo l'installazione della strumentazione. In seguito, le misure verranno effettuate una volta al mese fino alla fine dei lavori.

3.1.6.3 *Acquisizione e restituzione dei dati*

Il sistema di acquisizione dati potrà essere manuale con centralina portatile o automatizzato per mezzo di un catalogar. L'elaborazione dei dati dovrà avvenire con apposito software che dovrà restituire i seguenti diagrammi e tabulati numerici:

- carichi o tensioni in funzione del tempo;
- deformazione in funzione del tempo e relativi delta rispetto lo "0".

3.1.7 **Monitoraggio laserscan del rivestimento di prima fase**

3.1.7.1 *Descrizione*

I laser scanner sono strumenti in grado di misurare ad altissima velocità la posizione di centinaia di migliaia di punti i quali definiscono la superficie degli oggetti circostanti. Il risultato dell'acquisizione è un insieme di punti molto denso comunemente denominato "nuvola di punti". Durante l'acquisizione lo strumento archivia, per ciascun punto rilevato, la distanza calcolata e gli angoli orizzontale e verticale in base alla posizione del corpo e dello specchio. Il calcolo digitale di punti 3D completo della superficie rilevata così ottenuto dovrà permettere di verificare lo spessore del rivestimento, consentendo così la verifica del rispetto delle geometrie di progetto.

Preliminarmente all'esecuzione della prospezione dovrà essere indagato un breve tratto campione sul quale dovranno essere tarate le apparecchiature in modo da ottenere una risoluzione approvata dalla DL. La lunghezza e l'ubicazione del suddetto tratto campione dovrà essere preventivamente concordato con la DL.

3.1.7.2 *Frequenza di indagine*

L'indagine dovrà essere eseguita sull'intera lunghezza delle gallerie, prima della posa dell'impermeabilizzazione.

3.1.7.3 *Acquisizione e restituzione dei dati*

L'elaborazione e l'analisi dei dati acquisiti dovrà fornire delle sezioni editabili (es. CAD – Figura 3) aventi passo minimo 1.5 m che comprendano:

- profilo rilevato del rivestimento di prima fase;
- profilo di progetto del rivestimento di prima fase;
- profilo di progetto del rivestimento definitivo.
- indicazione della distanza tra profilo rilevato e profilo di progetto del rivestimento di prima fase.

Gli eventuali sottospessori dovranno essere visualizzati anche in planimetria; dovrà inoltre essere possibile estrarre tutte le sezioni richieste anche in momenti successivi e in posizioni diverse da quelle inizialmente preventivate.

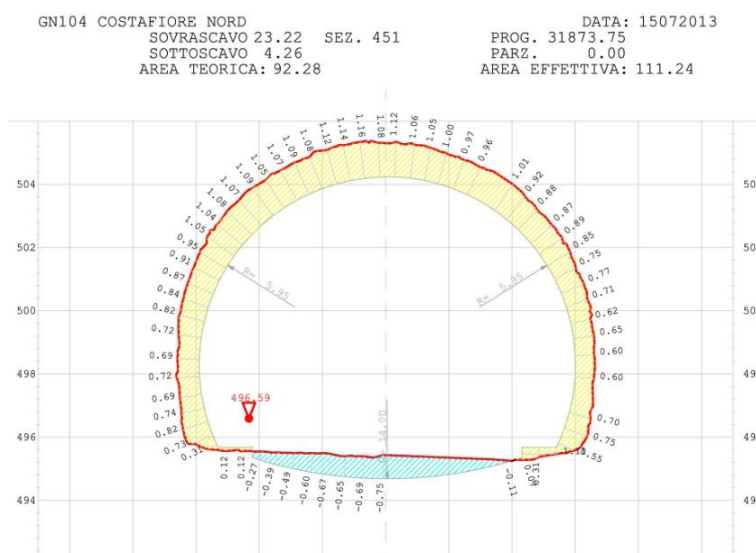


Figura 3 – Esempio di restituzione del laser scanning

3.1.8 Indagine georadar del rivestimento definitivo

3.1.8.1 Descrizione

La prospezione georadar si basa sul fenomeno di diffusione (scattering) subito da un'onda elettromagnetica nel momento in cui essa, attraversando un materiale con una determinata costante dielettrica relativa, incontra la superficie di un oggetto con costante dielettrica relativa diversa da quella del mezzo in cui si sta diffondendo.

La prospezione sarà eseguita spostando le antenne lungo la superficie da investigare o manualmente o per mezzo di veicoli. Il rilievo dovrà essere eseguito per tutti i campi di getto lungo un minimo di tre allineamenti paralleli, uno in calotta e due sulle reni a 45°, e consentire l'indagine di uno spessore di almeno 1.5 m. Dovrà essere garantita una buona linearità del piano di lavoro, provvedendo a eliminare asperità o oggetti metallici che possono produrre interferenze.

Preliminarmente all'esecuzione della prospezione dovrà essere indagato un breve tratto campione sul quale dovranno essere tarate le apparecchiature e saranno provate diverse configurazioni di impostazione (velocità di passaggio, distanza sorgente-struttura, frequenza di campionamento, offset delle antenne ecc..) per determinare la tecnica ottimale in relazione agli obiettivi dell'indagine. La lunghezza e l'ubicazione del suddetto tratto campione dovrà essere preventivamente concordato con la DL che potrà ordinare, sul suddetto tratto, alcune prospezioni di controllo e taratura mediante carotaggi o pozzetti, al fine di verificare le risultanze delle indagini sul tratto campione.

3.1.8.2 Frequenza di indagine

L'indagine dovrà essere eseguita sull'intera lunghezza delle gallerie, a seguito dell'esecuzione del rivestimento definitivo.

3.1.8.3 Acquisizione e restituzione dei dati

L'elaborazione e l'analisi dei dati acquisiti dovrà consentire la visualizzazione su planimetria e su sezioni in scala adeguata delle varie anomalie (vuoti, ammaloramento, alterazioni, ecc.) e degli elementi geometrici risultanti (spessori, profondità, ecc.).

3.1.9 Valori di soglia

Nell'ambito dello studio del comportamento tensio-deformativo della cavità a campo libero, sono state valutate, al variare del campo di avanzamento, le deformazioni ottenute in termini di convergenza e di estrusione. Tali valori, che rappresentano il riferimento per l'applicazione delle diverse sezioni tipo, dovranno essere convalidati in sito mediante il programma di monitoraggio in

galleria sopra descritto, insieme a quello per il monitoraggio di superficie.

La definizione di alcuni indicatori derivanti dalle misure in campo consente di controllare l'efficacia delle scelte progettuali. Tali indicatori sono:

- soglia di attenzione: valore di uno degli indicatori derivanti dalle misure in campo che richiede l'intensificazione della frequenza delle letture per controllare l'evoluzione delle deformazioni;
- soglia di allarme: soglia che indica l'approssimarsi ad una condizione critica di difformità rispetto alle previsioni di progetto, per la quale la stazione appaltante valuterà le conseguenti azioni in accordo a quanto previsto dalla vigente normativa (Art. 106 del D.Lvo. 50/2016).

Si riportano nel seguito i valori di soglia per le diverse misure, definiti sulla base della letteratura:

- Valori di soglia dello spostamento di ciascuna mira ottica (posizionata sul rivestimento di prima fase alla minima distanza dal fronte) utilizzata per misurare la convergenza del cavo: 1% del raggio di scavo (**soglia di attenzione**) e 2% del raggio di scavo (**soglia di allarme**).
- Valori di soglia dell'estrusione del fronte (definiti a partire da correlazioni empiriche disponibili in letteratura tra la convergenza radiale e l'estrusione al fronte): 1% del raggio di scavo (**soglia di attenzione**) e 2% del raggio di scavo (**soglia di allarme**).
- Valori di soglia della tensione nel rivestimento di prima fase, misurata attraverso l'installazione di coppie di barrette estensimetriche poste sulle ali delle centine: $0.77 \cdot f_{yd}$ dell'acciaio della centina (**soglia di attenzione**) e $1.00 \cdot f_{yd}$ dell'acciaio della centina (**soglia di allarme**).
- Valori di soglia del carico assiale nella centina trasmesso al terreno di fondazione, controllato mediante la messa in opera di celle di carico poste sotto il piede delle centine: $0.77 \cdot N_{yd}$ dell'acciaio della centina (**soglia di attenzione**) e N_{yd} dell'acciaio della centina (**soglia di allarme**).
- Valori di soglia della tensione nel rivestimento definitivo, misurata attraverso l'installazione di coppie di barrette estensimetriche poste sulle barre di armatura: $0.77 \cdot f_{cd}$ o f_{td} del calcestruzzo (**soglia di attenzione**) e $1.00 \cdot f_{cd}$ o f_{td} del calcestruzzo (**soglia di allarme**).

3.2 Gallerie esistenti

Come detto in precedenza, nel corso dello scavo della canna est delle gallerie San Lazzerò e Bucciano si manterrà operativa la canna ovest (esistente); per verificare la sicurezza di tale configurazione si è previsto un monitoraggio della canna esistente, descritto nel seguito.

3.2.1 Ispezione visiva

3.2.1.1 Descrizione

Si prevede di realizzare un'ispezione visiva periodica delle gallerie esistenti; a valle di ogni sopralluogo dovrà essere redatto un apposito verbale corredato di immagini nel quale siano indicate:

- Stato di degrado del rivestimento.
- Descrizione dello stato fessurativo del rivestimento in termini di andamento, estensione e apertura delle fessure, comprese le letture dei fessurimetri installati.
- Condizioni di umidità del rivestimento.
- Eventuali altre problematiche del rivestimento.

Per tutti i parametri sopra descritti sarà inoltre necessario indicare anche la variazione rispetto all'ispezione precedente.

3.2.1.2 Frequenza di indagine

In linea generale l'indagine dovrà essere eseguita 1 volta a settimana per tutta la durata dello scavo della canna est, compresa la realizzazione degli imbocchi.

Nel caso in cui il sistema di monitoraggio della galleria esistente o quello dalla superficie (capitolo 3.4) mostrassero anomalie o il superamento dei valori di soglia di attenzione, l'indagine dovrà essere eseguita 1 volta per ogni fase di scavo.

3.2.2 Fessurimetri sul rivestimento definitivo

3.2.2.1 Descrizione

Sono posizionati a cavallo delle preesistenti fessure del rivestimento e permettono, tramite la lettura, il rilievo degli spostamenti relativi tra i lembi della fessura; il loro numero verrà definito in corso d'opera in funzione di un attento rilievo dello stato di fessurazione del rivestimento stesso.

La lettura "zero" dovrà essere eseguita subito dopo l'installazione della strumentazione dopo avere raggiunto il necessario equilibrio termico con l'ambiente circostante. In corrispondenza di ogni misura, sia di taratura che operativa, dovrà essere rilevata la temperatura dell'aria, del fessurimetro nonché della struttura su cui è ancorato lo strumento.

3.2.2.2 Frequenza di indagine

La frequenza delle indagini è la stessa delle ispezioni visive.

3.2.3 Martinetti piatti nel rivestimento definitivo

3.2.3.1 Descrizione

La prova misura la variazione dello stato tensionale in un punto del rivestimento provocato da un taglio piano eseguito in direzione normale alla superficie. Il rilascio delle tensioni che si manifesta provoca una parziale chiusura del taglio, che viene rilevata tramite misure di distanza relativa fra coppie di punti posti in posizione simmetrica rispetto al taglio stesso.

Viene quindi inserito all'interno del taglio un martinetto piatto, realizzato mediante sottili lamiere di acciaio saldate, che viene collegato al circuito idraulico di una pompa. La pressione interna viene quindi gradualmente aumentata fino ad annullare la deformazione misurata successivamente all'esecuzione del taglio.

La prova si considera ultimata quando – in seguito ad incremento di pressione nel martinetto – si ottiene il ripristino delle misurazioni iniziali (le misure relative si portano sullo zero), e la corrispondente pressione letta al martinetto è la tensione locale nel rivestimento, a meno delle costanti di taratura dello strumento.

3.2.3.2 *Frequenza di indagine*

Dovrà essere eseguita una lettura di zero prima dell'inizio dei lavori sulla canna di nuova realizzazione, dopo di che si dovrà proseguire con 1 lettura ogni 2 settimane.

3.2.4 **Valori di soglia**

La definizione di alcuni indicatori derivanti dalle misure in campo consente di controllare l'efficacia delle scelte progettuali. Tali indicatori sono:

- soglia di attenzione: valore di uno degli indicatori derivanti dalle misure in campo che richiede l'intensificazione della frequenza delle letture per controllare l'evoluzione delle condizioni delle opere;
- soglia di allarme: soglia che indica l'approssimarsi ad una condizione critica o, per la quale la stazione appaltante valuterà le conseguenti azioni in accordo a quanto previsto dalla vigente normativa (Art. 106 del D.Lvo. 50/2016).

I valori di soglia per le ispezioni visive potranno essere definiti una volta appurate le condizioni delle opere nel corso della prima ispezione.

Per le fessure nel rivestimento i valori di soglia sono:

- soglia di attenzione: incremento di apertura della fessura tra 0.2 e 0.5 mm
- soglia di allarme: incremento di apertura della fessura > 0.5 mm

Per le letture dei martinetti piatti i valori di soglia sono:

- soglia di attenzione: incremento della sollecitazione tra 5 e 10 % della lettura di zero.
- soglia di allarme: incremento della sollecitazione > 10 % della lettura di zero.

3.3 Imbocchi

Per le opere d'imbocco viene predisposto un piano di monitoraggio che consenta di acquisire in corso d'opera il maggior numero possibile di informazioni qualitativamente significative, di verificare l'idoneità degli interventi e delle modalità esecutive previste in progetto e di controllare che i valori di spostamento delle strutture siano compatibili con la funzionalità statica delle opere e congruenti con quelli stimati in progetto.

Viene pertanto definito un sistema di monitoraggio in corso d'opera, parte integrante del progetto, che contempla la seguente strumentazione:

- controlli topografici con mire ottiche installate sulle opere di sostegno. I riferimenti così installati dovranno fornire gli spostamenti assoluti del punto misurato, nelle tre direzioni dello spazio;
- celle di carico per la misura della forza agente sui tiranti o nei puntoni. Le celle di carico saranno disposte su alcuni tiranti/puntoni con lo scopo di misurare i carichi trasmessi e l'evoluzione degli stessi nel tempo e nel proseguire delle lavorazioni. Le celle dovranno essere dotate di mire ottiche al fine di misurare eventuali spostamenti ai quali dovessero essere soggette. I terminali delle celle di carico dovranno essere alloggiati in un apposito pannello di centralizzazione.
- barrette estensimetriche installate nelle solette di contrasto delle opere di sostegno.
- misure del livello di falda mediante piezometri ubicati in corrispondenza delle paratie.
- misure delle deformazioni del terreno mediante inclinometri ubicati in corrispondenza delle paratie.

Nei paragrafi che seguono vengono indicate le caratteristiche e le modalità esecutive del programma di monitoraggio degli imbocchi

3.3.1 Controlli topografici

3.3.1.1 *Descrizione*

Sulle paratie di sostegno dovranno essere installati delle mire ottiche per la realizzazione di misure di rilievo degli eventuali spostamenti delle opere stesse.

Indicativamente le basi avranno una distanza reciproca di circa 10 m e saranno posizionate sulla trave di testata delle paratie e in corrispondenza di ogni ordine tirante/puntone strumentato (si veda capitolo 3.3.2).

3.3.1.2 *Modalità di installazione*

L'installazione dei chiodi di misura topografica dovrà essere realizzata secondo la seguente procedura:

- Tracciamento topografico delle posizioni di installazione;
- Realizzazione del foro di alloggiamento del chiodo di diametro adeguato;
- Infissione e sigillatura del chiodo nel foro precedentemente realizzato.

Alternativamente, nelle travi di testata delle paratie, il chiodo potrà essere annegato direttamente nel getto della struttura da monitorare.

Al termine delle operazioni di posa potrà essere realizzata la prima livellazione topografica di riferimento per i successivi rilievi (lettura di zero). Il caposaldo di riferimento dovrà essere in posizione tale per cui eventuali cedimenti siano minimi e controllabili topograficamente con altri riferimenti certi.

Per quanto riguarda i riferimenti sulla trave, questi dovranno essere installati prima dell'esecuzione dello scavo di sbancamento della paratia; i riferimenti sulle travi di correa andranno posti in opera non appena raggiunta la relativa quota di scavo.

La strumentazione installata sarà oggetto di rilievo per definirne la posizione plano-altimetrica iniziale (letture di zero). Le coordinate corrispondenti alla configurazione di installazione verranno registrate come coordinate di zero per i rilievi successivi.

3.3.1.3 Frequenza di indagine

I riferimenti topografici andranno letti in corrispondenza delle diverse fasi di scavo e più precisamente:

- Non appena raggiungibile la posizione di riferimento;
- Appena raggiunta la successiva quota di scavo.

Completati gli scavi, il programma di misure dovrà proseguire con le seguenti scadenze:

- 1 lettura ogni due settimane per i successivi mesi fino al ritombamento dell'opera.

Eventuali ulteriori letture potranno essere previste, in funzione degli spostamenti registrati durante le letture precedenti.

Le cadenze sopra elencate dovranno essere il più possibile coincidenti con l'inizio o la fine delle principali lavorazioni previste.

3.3.1.4 Acquisizione dei dati

I riferimenti così installati dovranno fornire gli spostamenti assoluti della paratia, in testa e sulle sezioni ad altezza intermedia, nelle tre componenti: abbassamenti, spostamenti radiali e tangenziali della paratia, o in alternativa, abbassamenti, spostamenti N e spostamenti E.

Il sistema di acquisizione dati è costituito da una stazione composta da un teodolite accoppiato a un distanziometro elettronico di precisione. È richiesta la precisione seguente:

- teodolite: lettura angolare non superiore a 2 secondi centesimali;
- distanziometro elettronico: $\pm 3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$.

3.3.2 Celle di carico su tiranti / puntoni

3.3.2.1 Descrizione

Si tratta di strumenti adatti al controllo e alla misura del carico agente su strutture e/o trasmesso in determinati punti delle stesse.

Le celle di carico per tiranti / puntoni strumentati sono costituite da:

- un corpo in acciaio di forma toroidale (tiranti) o circolare (puntoni) sensibilizzato con strain gauge di tipo resistivo in numero variabile ma dimensionati in modo tale da garantire una minore sensibilità ai carichi eccentrici, collegati in modo da permettere l'acquisizione dati su un unico canale;
- una piastra in acciaio che permette una più omogenea ripartizione del carico sull'intero corpo della cella;
- un cavo elettrico di opportune caratteristiche che realizzi il collegamento dello strumento all'unità di lettura.

Sotto carico la cella subisce una deformazione che viene rilevata dagli estensimetri, i quali variando il loro valore di resistenza generano in uscita un segnale elettrico proporzionale al carico applicato.

Le celle di carico saranno disposte in testa ad alcuni tiranti / puntoni, indicativamente ogni 20m lungo la sviluppata dell'opera di sostegno, con lo scopo di misurare i carichi trasmessi e l'evoluzione degli stessi nel tempo e col proseguire delle lavorazioni.

Le celle dovranno essere dotate di mire ottiche per la misura degli spostamenti che eventualmente dovessero subire.

I terminali delle celle di carico dovranno essere alloggiati in un apposito pannello di centralizzazione.

3.3.2.2 Modalità di installazione

Le celle dovranno essere inserite nel punto di rilevamento del carico ponendo particolare cura affinché le due superfici d'appoggio della cella risultino piane e non deformabili, così che il carico sia trasferito correttamente alla cella.

La superficie di contatto cella – piastra di ripartizione deve essere perfettamente piana; per garantire una sufficiente rigidità è necessario che la cella di carico appoggi su una piastra d'acciaio di spessore opportuno e di diametro superiore a quello della cella.

Analogamente, sull'altra superficie della cella, per le stesse ragioni, dovrà essere installata una

piastra di acciaio che garantisca una migliore ripartizione del carico.

Lo strumento sarà installato con la seguente procedura:

- Appoggiare la cella di carico su una superficie predisposta, collegare il cavo strumentale al pannello di centralizzazione e installare la piastra di distribuzione;
- Iniziare le operazioni di tesatura del tirante o di precarico del puntone, valutando subito l'opportunità di regolarne la posizione onde garantire la perfetta planarità della cella e conseguentemente la perfetta distribuzione del carico; tale operazione sarà eseguita controllando i valori elettrici restituiti dalla cella;
- Procedere con la messa in carico fino al valore di progetto.

3.3.2.3 *Frequenza di indagine*

Le celle di carico potranno essere lette manualmente o in automatico, nel qual caso l'acquisizione sarà costante e frequente.

In caso di lettura manuale il programma di misure dovrà proseguire con le seguenti scadenze:

- 3 letture a settimana fino al termine degli scavi;
- 1 lettura mensile fino al termine dei lavori.

In caso di letture automatiche si dovrà predisporre il sistema di acquisizione dati con letture almeno orarie fino al completamento degli scavi. Completati gli scavi il programma di misure dovrà proseguire con 1 lettura mensile fino al termine dei lavori

3.3.3 **Barrette estensimetriche nel solettone di contrasto**

3.3.3.1 *Descrizione*

Si prevede l'installazione di barrette estensimetriche a corda vibrante fissate alle armature del solettone di contrasto della paratia.

Tali misure consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica delle deformazioni assiali del calcestruzzo.

3.3.3.2 *Modalità di installazione*

Le barrette estensimetriche a corda vibrante, fornite a coppie (intradosso ed estradosso), verranno saldate all'armatura del solettone. Le barrette misurano le deformazioni dell'acciaio dalle quali, sfruttando la relazione lineare in campo elastico tensioni-deformazioni, è possibile stimare le tensioni assiali sulla struttura.

3.3.3.3 *Frequenza di indagine*

Le barrette dovranno essere lette con la stessa frequenza delle celle di carico su tiranti/puntoni.

3.3.3.4 *Restituzione dei dati*

Il sistema di acquisizione dati potrà essere manuale con centralina portatile o automatizzato per mezzo di un datalogger. L'elaborazione dei dati dovrà avvenire con apposito software che dovrà restituire i seguenti diagrammi e tabulati numerici:

- carichi o tensioni in funzione del tempo;
- deformazione in funzione del tempo e relativi delta rispetto lo "0".

3.3.4 **Misure piezometriche**

3.3.4.1 *Descrizione*

Le misure piezometriche consentono di controllare il livello di falda di seguirne le variazioni nel tempo.

Le misure piezometriche dovranno essere eseguite in corrispondenza dei piezometri a tubo aperto già installati o di nuova installazione.

3.3.4.2 *Frequenza di indagine*

Le letture dei piezometri in corrispondenza degli imbocchi dovranno essere eseguite con le seguenti scadenze:

- 2 letture al mese per due mesi prima dell'inizio dello scavo;
- 1 lettura settimanale durante le operazioni di scavo degli imbocchi;
- 1 lettura al mese fino a fine lavori.

Eventuali ulteriori letture potranno essere previste, in funzione delle quote di falda rilevate rispetto alle previsioni di progetto.

3.3.4.3 *Acquisizione e restituzione dei dati*

Per la misura manuale del livello di falda nei piezometri a tubo aperto dovrà essere impiegato un idoneo indicatore di livello ("freatimetro").

Tale indicatore deve essere composto da un puntale rilevatore e da un cavo metrato/centimetrato avvolto su rullo. Deve essere dotato di un avvisatore acustico/luminoso che segnali il contatto del puntale con la superficie del pelo libero dell'acqua e di un cavo metrato/centimetrato per determinare la profondità del pelo libero rispetto alla sommità del tubo di misura.

Al completamento delle operazioni dovranno essere riportate nel documento stratigrafico del relativo sondaggio o della perforazione eseguita, per ogni piezometro installato, tutte le informazioni sulle relative misure e sul livello piezometrico rilevato, comprendenti:

- informazioni generali (profondità, quota bocca foro m slm ecc.);
- schema, tipo e posizione del piezometro installato;
- quote del tratto cieco e di quello finestrato;
- quota assoluta del bordo superiore del pozzetto di protezione;
- tabella con valori delle letture eseguite.

3.3.5 **Misure inclinometriche**

3.3.5.1 *Descrizione*

Le misure inclinometriche in foro vengono effettuate allo scopo di monitorare nel tempo entità, velocità e direzione del movimento del terreno a tergo della paratia.

I rilievi possono essere realizzati in maniera automatica (inclinometri a sonde fisse) o manuale (inclinometri a tubo cavo). In questo secondo caso le attrezzature removibili munite di guide (sonde inclinometriche) vengono calate in appositi tubi scanalati, cementati in un foro. Un rilievo comporta l'esecuzione di quattro cicli di misura, ruotando la sonda di 90° nel foro per annullare gli errori sistematici. Le misure possono essere effettuate sia in discesa che in risalita, con passo pari a 1 m. Ogni elaborazione di rilievi inclinometrici è confrontata con la deformata della lettura iniziale (di zero). Gli spostamenti lungo la verticale devono essere riferiti alla testa della tubazione inclinometrica (la cui posizione deve essere determinata con misure ottiche).

3.3.5.2 *Frequenza di indagine*

Le letture degli inclinometri in corrispondenza degli imbocchi dovranno essere eseguite con le seguenti scadenze:

- 2 letture al mese per due mesi prima dell'inizio dello scavo;
- 1 lettura settimanale durante le operazioni di scavo degli imbocchi;
- 1 lettura ogni 2 mesi fino a fine lavori.

Eventuali ulteriori letture potranno essere previste, in funzione delle quote di falda rilevate rispetto alle previsioni di progetto.

Eventuali ulteriori letture potranno essere previste, in funzione degli spostamenti registrati durante le letture precedenti.

Le cadenze sopra elencate dovranno essere il più possibile coincidenti con l'inizio o la fine delle principali lavorazioni previste.

3.3.5.3 *Acquisizione e restituzione dei dati*

Al completamento delle operazioni dovranno essere riportate per ogni inclinometro installato, in funzione della profondità, tutte le informazioni sulle relative misure, comprendenti:

- informazioni generali (profondità, quota bocca foro m slm ecc..);
- quota assoluta del bordo superiore del pozzetto di protezione;
- grafico con valori delle letture eseguite, comprese quelle eseguite in precedenza.

3.3.6 **Monitoraggio laserscan del rivestimento di prima fase**

3.3.6.1 *Descrizione*

Per il controllo delle deformazioni, intese come variazioni geometriche dei paramenti visibili da valle, dovranno essere installati n. 4 target per misure laser scanner ogni 50 mq di superficie, avendo cura di ubicarli su almeno 2 file orizzontali (alta e bassa). Ogni target, composto esclusivamente da materiale rigido non deteriorabile, avente dimensioni minime di 10 cm * 10 cm, dovrà essere fissato direttamente sulla struttura tramite tasselli tipo fisher.

Sull'intero paramento di ogni singola paratia, verranno eseguite misure tramite strumenti laser scanner ad alta definizione, finalizzate al raffronto periodico dei dati geometrici.

3.3.6.2 *Frequenza di indagine*

Le letture dovranno essere eseguite con le seguenti scadenze:

- esecuzione della sola misura di "zero" dopo la realizzazione del rivestimento definitivo.

3.3.7 **Valori di soglia**

I dati raccolti mediante il programma sopra descritto permetteranno di verificare le ipotesi progettuali e il rispetto dei valori di soglia di attenzione e di allarme. I valori di soglia sono riportati nelle tabelle seguenti.

In caso di superamento dei valori di soglia di attenzione è necessario infittire le misure, eventualmente anche con verifiche di tipo manuale, eseguendo allo stesso tempo un'analisi approfondita del trend deformativo registrato.

Invece, in caso di superamento dei valori di soglia di allarme è necessario un immediato fermo delle attività di cantiere, seguito anche in questo caso da un'analisi approfondita del trend deformativo / piezometrico e dalla eventuale messa in opera di interventi per la messa in sicurezza dell'area, da concordare con la DL (rinterri a valle delle paratie, realizzazione di tiranti integrativi, chiodature, cordoli di collegamento in c.a., realizzazione di drenaggi suborizzontali ecc...).

Il superamento della soglia di allarme dei soli dati piezometrici, se non accompagnata da valori oltre la soglia di allarme degli altri indicatori (mire ottiche, celle di carico, inclinometri) provoca unicamente un ulteriore infittimento delle misure piezometriche, senza fermo dei lavori.

Tabella 1 – Valori di soglia (Galleria Bucciano, imbocco lato Grosseto)

SEZIONE CON SOLETTA DI CONTRASTO	MONITORAGGIO	VALORE ATTESO	SOGLIA DI ATTENZIONE	SOGLIA DI ALLARME
	Controlli topografici (spostamento massimo)	1.5	1.8	4.5
	Piezometri	221.3 m s.l.m.	222.8 m s.l.m.	225.3 m s.l.m.
	Inclinometri	0.1 mm/m	0.2 mm/m	0.5 mm/m

SEZIONE CON PUNTONI DI CONTRASTO	MONITORAGGIO	VALORE ATTESO	SOGLIA DI ATTENZIONE	SOGLIA DI ALLARME
	Controlli topografici (spostamento massimo)	1.5	1.8	4.5
	Celle di carico sui puntoni	Carico di esercizio		Carico ultimo
	2 ordini	580 kN (1°) 2050 kN (2°)	700 kN (1°) 2100 kN (2°)	2380 kN (1°) 2380 kN (2°)
1 ordine	1225 kN (1°)	1470 kN (1°)	2380 kN (1°)	

SEZIONE A SBALZO	MONITORAGGIO	VALORE ATTESO	SOGLIA DI ATTENZIONE	SOGLIA DI ALLARME
	Controlli topografici (spostamento massimo)	2.0 cm (H scavo < 9 m) 0.5 cm (H scavo < 6 m)	2.5 cm (H scavo < 9 m) 0.8 cm (H scavo < 6 m)	6.0 cm (H scavo < 9 m) 1.5 cm (H scavo < 6 m)

Tabella 2 – Valori di soglia (Galleria Bucciano, imbocco lato Fano)

SEZIONE CON SOLETTA DI CONTRASTO	MONITORAGGIO	VALORE ATTESO	SOGLIA DI ATTENZIONE	SOGLIA DI ALLARME
	Controlli topografici (spostamento massimo)	1.5	1.8	4.5
	Piezometri	229.5 m s.l.m.	231.0 m s.l.m.	232.5 m s.l.m.
	Inclinometri	0.1 mm/m	0.2 mm/m	0.5 mm/m

SEZIONE CON TIRANTI DI CONTRASTO	MONITORAGGIO	VALORE ATTESO	SOGLIA DI ATTENZIONE	SOGLIA DI ALLARME
	Controlli topografici (spostamento massimo)	0.5	0.8	1.5
	Celle di carico sui tiranti	Carico di esercizio	Carico di collaudo / 1.2	Carico ultimo
	2 ordini	500 kN (1°) 500 kN (2°)	700 kN (1°) 700 kN (2°)	863 kN (1°) 730 kN (2°)
1 ordine	500 kN (1°)	700 kN (1°)	840 kN (1°)	

SEZIONE A SBALZO	MONITORAGGIO	VALORE ATTESO	SOGLIA DI ATTENZIONE	SOGLIA DI ALLARME
	Controlli topografici (spostamento massimo)	2.0 cm (H scavo < 9 m) 0.5 cm (H scavo < 6 m)	2.5 cm (H scavo < 9 m) 0.8 cm (H scavo < 6 m)	6.0 cm (H scavo < 9 m) 1.5 cm (H scavo < 6 m)

Tabella 3 – Valori di soglia (Galleria San Lazzero, imbocco lato Grosseto)

SEZIONE CON SOLETTA DI CONTRASTO	MONITORAGGIO	VALORE ATTESO	SOGLIA DI ATTENZIONE	SOGLIA DI ALLARME
	Controlli topografici (spostamento massimo)	6 cm	8 cm	12 cm
	Piezometri	228÷230 m s.l.m.	231.5 m s.l.m.	233 m s.l.m.
	Inclinometri	0.1 mm/m	0.2 mm/m	0.5 mm/m

SEZIONE A SBALZO (diaframmi di sostegno singoli)	MONITORAGGIO	VALORE ATTESO	SOGLIA DI ATTENZIONE	SOGLIA DI ALLARME
	Controlli topografici (spostamento massimo)	2 cm	3 cm	6 cm

Tabella 4 – Valori di soglia (Galleria San Lazzero, imbocco lato Fano)

SEZIONE CON SOLETTA DI CONTRASTO	MONITORAGGIO	VALORE ATTESO	SOGLIA DI ATTENZIONE	SOGLIA DI ALLARME
	Controlli topografici (spostamento massimo)	6 cm	8 cm	12 cm
	Piezometri	228÷230 m s.l.m.	231.5 m s.l.m.	233 m s.l.m.
	Inclinometri	0.1 mm/m	0.2 mm/m	0.5 mm/m

SEZIONE A SBALZO (muri a U e diaframmi di sostegno singoli)	MONITORAGGIO	VALORE ATTESO	SOGLIA DI ATTENZIONE	SOGLIA DI ALLARME
	Controlli topografici (spostamento massimo)	4 cm (H scavo > 7 m) 2 cm (H scavo ≤ 7 m)	5 cm (H scavo > 7 m) 3 cm (H scavo ≤ 7 m)	10 cm (H scavo > 7 m) 6 cm (H scavo ≤ 7 m)

3.4 Monitoraggio da piano campagna

Il sistema di monitoraggio da piano campagna è stato studiato in modo da fornire un quadro dei principali effetti indotti dallo scavo con il progredire del suo avanzamento. Esso deve garantire la misura dei parametri significativi utili a verificare la sicurezza degli scavi e delle opere in superficie e a decidere rapidamente le azioni correttive da attuare nel caso in cui si riscontrassero situazioni impreviste e potenzialmente pericolose. Al tal fine si è optato per il rilievo di un numero limitato di grandezze che garantiscano semplicità e praticità di monitoraggio e parallelamente completezza e precisione di informazione.

La geometria del sistema di monitoraggio è stata definita in funzione delle principali interferenze, della possibilità di installazione degli strumenti di misura, della lunghezza del tracciato e della sua collocazione planimetrica rispetto alle interferenze stesse.

3.4.1 Parametri monitorati e valori di soglia

Il piano di monitoraggio è stato progettato in modo tale da poter acquisire, con frequenza elevata, tutti i parametri necessari al controllo e alla verifica dei fenomeni indotti dalle operazioni di scavo sia in superficie sia nel sottosuolo. Sono state previste le misure delle seguenti grandezze:

- cedimenti e spostamenti orizzontali dei manufatti prossimi al tracciato,
- variazione delle lesioni già esistenti sugli edifici,
- cedimenti e spostamenti orizzontali del piano campagna interessato dal bacino di subsidenza indotto,
- pressioni neutre nell'intorno dello scavo (in presenza di eventuale falda).

Le grandezze misurate in superficie permettono il calcolo di alcuni parametri che sono rappresentativi dell'andamento delle operazioni di scavo e dei relativi effetti sulle opere in superficie. Questi parametri sono:

- volume perso,
- rapporto di inflessione,
- cedimento massimo,
- apertura massima delle fessure esistenti sugli edifici.

Volume perso (V_p)

Rappresenta l'area sottesa dalla curva dei cedimenti verticali sotto la linea della superficie indeformata per unità di lunghezza. Viene espresso come percentuale nominale del volume teorico di scavo.

Rapporto di inflessione (ΔL)

Rapporto tra la massima distanza misurata tra la configurazione rigida dell'edificio e la sua deformata e la lunghezza dell'edificio, o della porzione di edificio, interessata dai cedimenti (Figura 4).

Cedimento massimo (S_{max})

Massimo valore del cedimento valutato in corrispondenza dell'edificio (Figura 4) o a livello del terreno.

Al fine di effettuare il controllo delle operazioni di scavo, sono stati definiti alcuni valori di riferimento dei parametri monitorati (volume perso, rapporto di inflessione e cedimento massimo). Tali valori determinano il passaggio da una condizione attesa ad una condizione di attenzione e da questa ad una condizione di allarme. I suddetti valori sono riportati in Tabella 5.

La verifica di uno dei parametri non esclude quella degli altri. Tutti i parametri devono essere comunque controllati ed in caso di superamento del valore di attenzione o del valore di allarme di uno solo di essi si dovrà comunque procedere alle opportune contromisure. In particolare, in caso di superamento della soglia di attenzione si prevede un inaffittimento delle frequenze di misura, mentre

in caso di superamento delle soglie di allarme si prevede una verifica delle ipotesi di progetto.

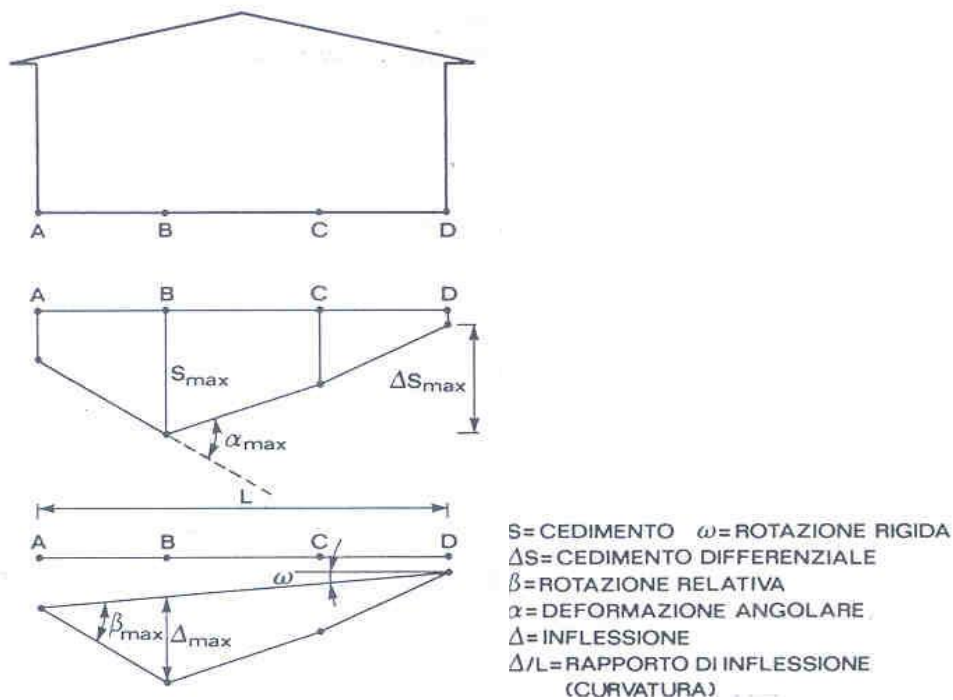


Figura 4 – Rapporto di inflessione

PARAMETRO DI RIFERIMENTO	DEFINIZIONE VALORE	VALORE
<u>Volume perso (%)</u> V_p	valore atteso	< 0.2%
	soglia di attenzione	$0.2\% \leq V_p \leq 0.5\%$
	soglia di allarme	> 0.5%
<u>Rapporto di inflessione (-)</u> Δ/L	valore atteso	$\leq \pm 1/2000$
	soglia di attenzione	$\leq \pm 1/1000$
	soglia di allarme	> $\pm 1/1000$
<u>Cedimento massimo (cm) degli di edifici</u> S_{max}	valore atteso	≤ 1.0
	soglia di attenzione	$1.0 \leq S_{max} \leq 2.5$
	soglia di allarme	> 2.5
<u>Cedimento massimo (cm) in asse galleria durante lo scavo della canna est</u> S_{max}	valore atteso	≤ 1.5
	soglia di attenzione	$1.5 \leq S_{max} \leq 3.0$
	soglia di allarme	> 3.0
<u>Cedimento massimo (cm) in asse galleria durante lo scavo della canna ovest</u> S_{max}	valore atteso	≤ 2.5
	soglia di attenzione	$2.5 \leq S_{max} \leq 5.0$
	soglia di allarme	> 5.0
<u>Apertura massima delle fessure (mm)</u> f_{max}	valore atteso	≤ 2.0
	soglia di attenzione	$2.0 \leq f_{max} \leq 5.0$
	soglia di allarme	> 5.0

Tabella 5 – Valori attesi, di attenzione e di allarme, dei parametri monitorati (Gallerie Bucciano e San Lazzero)

3.4.2 Sezioni di monitoraggio topografico / topografico e geotecnico

3.4.2.1 Descrizione

Le sezioni topografiche sono disposte lungo il tracciato ad un interasse indicativamente di 20 m e hanno la funzione di monitorare i cedimenti superficiali e il volume perso. Tali sezioni sono strumentate con chiodi topografici posti sul piano campagna, disposti indicativamente ad un passo di 5 m, e si estendono per circa 25 m a cavallo dell'asse di ogni galleria.

Le sezioni topografiche e geotecniche sono disposte in prossimità degli edifici più vicini al tracciato e in corrispondenza delle stazioni strumentate in galleria. Tali sezioni sono strumentate con chiodi topografici posti sul piano campagna, disposti indicativamente ad un passo di 5 m, e si estendono per circa 25 m a cavallo dell'asse di ogni galleria, a cui si aggiungono inclinometri e piezometri nelle vicinanze delle due canne

La strumentazione installata sarà oggetto di rilievo per definirne la posizione plano-altimetrica iniziale (letture di zero). Le coordinate corrispondenti alla configurazione di installazione verranno registrate come coordinate di zero per i rilievi successivi.

Le misure saranno eseguite sulle mire utilizzando una stazione totale, al fine di ottenere un rilievo plano-altimetrico 3D dei punti di riferimento.

3.4.2.2 Frequenza di indagine

Le letture dovranno cominciare almeno 3 mesi prima dell'inizio degli scavi e dovranno rispettare le seguenti frequenze:

- 1 volta a settimana finché il fronte di entrambe le canne si trova a una distanza superiore a 20 m dalla sezione;
- 1 volta per ogni sfondo finché il fronte di una delle due canne si trova a una distanza dalla sezione compresa tra -20 m e + 30 m;
- 1 volta ogni 15 giorni dalla fine degli scavi fino a fine lavori.

3.4.3 Mire ottiche sugli edifici

3.4.3.1 Descrizione

Sono posizionate lungo i muri perimetrali degli edifici e devono permettere il rilievo degli spostamenti utili al calcolo del rapporto di inflessione e delle deformazioni orizzontali.

Ciascun edificio dovrà essere dotato di almeno 2 mire ottiche per ogni piano per ogni parete perimetrale libera, con distanza orizzontale massima tra una mira e l'altra di circa sei metri.

L'installazione delle mire ottiche e il rilievo degli spostamenti devono essere effettuati lungo muri perimetrali che siano accessibili e comunque monitorabili; le mire saranno montate direttamente sulle murature degli edifici.

La strumentazione installata sarà oggetto di rilievo per definirne la posizione plano-altimetrica iniziale (letture di zero). Le coordinate corrispondenti alla configurazione di installazione verranno registrate come coordinate di zero per i rilievi successivi.

Le misure saranno eseguite sulle mire utilizzando una stazione totale, al fine di ottenere un rilievo plano-altimetrico 3D dei punti di riferimento.

3.4.3.2 Frequenza di indagine

Le letture dovranno cominciare almeno 3 mesi prima dell'inizio degli scavi e dovranno rispettare le seguenti frequenze:

- 1 volta a settimana finché il fronte di entrambe le canne si trova a una distanza superiore a 20 m dalla sezione;
- 1 volta per ogni sfondo finché il fronte di una delle due canne si trova a una distanza dalla sezione compresa tra -20 m e + 30 m;
- 1 volta ogni 15 giorni dalla fine degli scavi fino a fine lavori.

3.4.4 Clinometri di superficie sulle pareti degli edifici

3.4.4.1 Descrizione

I clinometri di superficie consentono di monitorare i cambiamenti nell'inclinazione delle pareti dei fabbricati. Lo strumento rileva le variazioni angolari delle pareti fornendo indicazioni circa i movimenti rotazionali delle stesse.

Tale informazione risulta utile per il calcolo del rapporto di inflessione e delle deformazioni orizzontali (stazione di rilievo totale).

Ciascun edificio dovrà essere dotato di almeno 2 clinometri per ogni parete perimetrale libera verso lo scavo, con distanza massima non superiore a dieci metri.

3.4.4.2 Frequenza di indagine

La frequenza delle indagini è la stessa delle mire ottiche sugli edifici.

3.4.5 Fessurimetri sugli edifici

3.4.5.1 Descrizione

Sono posizionati a cavallo delle preesistenti fessure degli edifici e permettono, tramite la lettura, il rilievo degli spostamenti relativi tra i lembi della fessura; il loro numero verrà definito in corso d'opera in funzione di un attento rilievo dello stato di fessurazione esistente degli edifici.

La lettura "zero" dovrà essere eseguita subito dopo l'installazione della strumentazione dopo avere raggiunto il necessario equilibrio termico con l'ambiente circostante. In corrispondenza di ogni misura, sia di taratura che operativa, dovrà essere rilevata la temperatura dell'aria, del fessurimetro nonché della struttura su cui è ancorato lo strumento.

3.4.5.2 Frequenza di indagine

La frequenza delle indagini è la stessa delle mire ottiche sugli edifici.

4 CONTROLLO E GESTIONE DEI DATI MONITORATI

4.1 Elaborazione dei dati

I dati ottenuti dalle operazioni di monitoraggio devono essere registrati sia su supporto magnetico (in formato leggibile, es.: *.dat) sia cartaceo e gestiti, per una corretta elaborazione, mediante un software adeguato.

Il software impiegato dovrà fornire, previa elaborazione dati, in formato numerico e in forma di grafici cartesiani delle principali grandezze; dovrà inoltre evidenziare il superamento dei valori di soglia corrispondenti alle condizioni di attenzione e/o allarme.

Tutti i grafici prodotti dovranno essere correlati alla sezione e/o al punto in asse rilevato, alla posizione dei fronti ed alla data del rilievo.

4.2 Gestione del sistema di monitoraggio

Per ottenere una corretta gestione del sistema di monitoraggio si prevede quindi una struttura organizzativa delle attività costituita dalle seguenti unità:

- unità operativa,
- unità di supporto tecnico alla Direzione Lavori.

4.2.1 Unità operativa

L'unità operativa avrà il compito di:

- eseguire i rilievi e le misure in campo;
- effettuare l'elaborazione e restituzione dei dati;
- convalidare le misure e i dati acquisiti da punto di vista strumentale;
- trasmettere i dati alla Direzione Lavori e agli utenti remoti;
- occuparsi della manutenzione ordinaria e straordinaria.

L'elaborazione dei dati e delle misure raccolti dovrà consistere nella generazione di rapporti in formato numerico e grafico in grado di consentire una immediata interpretazione ingegneristica dei dati. I dati forniti dovranno essere convalidati dal punto di vista strumentale da parte dell'unità operativa.

4.2.2 Unità di supporto tecnico alla Direzione Lavori

L'unità di supporto tecnico avrà il compito di analizzare i risultati forniti dall'unità operativa e di verificare il corretto avanzamento dello scavo.

Gli ambiti di competenza possono essere riassunti con le attività seguenti:

- interpretazione geotecnica;
- analisi effetti su edifici;
- verifica metodologia di scavo;
- verifica ipotesi progettuali.

L'analisi dei dati sarà propedeutica per la valutazione e adozione delle azioni necessarie, a supporto della Direzione Lavori, al fine di controllare la corretta gestione e realizzazione dell'opera.

4.3 Piattaforma gestione dati

Tutti i dati dovranno essere gestiti da una piattaforma web, individuata dal Committente nel Sistema Informativo Geografico (GIS); tale sistema ha lo scopo di archiviare, rendere consultabili ed elaborabili i dati derivanti dal monitoraggio durante le diverse fasi realizzative dell'opera, confrontarli fra di loro e con tutti gli altri dati derivanti da ulteriori indagini inclusi i dati relativi al territorio e alle opere dell'uomo che in un intorno significativo dall'opera in oggetto possono essere da quest'ultima influenzati, fornendo così un supporto alle decisioni in tempo reale.

5 SUDDIVISIONE E QUANTIFICAZIONE DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO

L'attività di monitoraggio sarà articolata in due parti:

- 1) L'attività di monitoraggio svolta dall'Impresa Aggiudicataria dell'appalto lavori;
- 2) L'attività di monitoraggio svolta dalla Direzione Lavori.

Le attività di monitoraggio previste dovranno essere suddivise secondo quanto indicato nella seguente tabella. Nella tabella alla pagina seguente si riporta invece una quantificazione delle attività stesse.

5.1 Gallerie di nuova costruzione, imbocchi, gallerie esistenti

Tabella 6 – Suddivisione delle misure tra Impresa e DL – Gallerie Bucciano e San Lazzero.

OPERA	MONITORAGGIO	COMPETENZA					
		Attività a carico dell'APPALTATORE (previste all'interno dei LAVORI)			Attività a carico della DIREZIONE LAVORI (compensate nelle SOMME A DISPOSIZIONE)		
		Installaz.	Misura	Elaborazione, Restituzione e Commento del dato	Installaz.	Misura	Elaborazione, Restituzione e Commento del dato
GALLERIE NATURALI DI NUOVA COSTRUZIONE	Perforazioni di prospezione e drenaggi in avanzamento	X	X	X			X
	Rilievo geomeccanico del fronte di scavo	X	X	X			X
	Misura delle convergenze del cavo	X	X	X		A campione: come minimo il 30 % delle misure previste a progetto per l'Impresa.	X
	Misure di estrusione al fronte di scavo	X	X	X			X
	Misure dello stato tensio-deformativo del rivestimento di prima fase	X	X	X			X
	Misure dello stato tensionale nel rivestimento definitivo	X	X	X			X
	Laser scanner in galleria per la verifica della sagoma di scavo e rispetto dello spessore del RD				X		In continuo.
	Georadar, dopo il getto del RD per la verifica dello spessore di calotta				X	X	
IMBOCCHI	Controlli topografici	X	X	X		A campione: come minimo il 30 % delle misure previste a progetto per l'Impresa.	X
	Celle di carico su tiranti / puntoni	X	X	X			X
	Misure piezometriche	X	X	X			X
	Misure inclinometriche	X	X	X			X
	Misure dello stato tensio-deformative nella soletta	X	X	X			X
	Laser scanner galleria artif.				X	In continuo.	X
	Georadar galleria artificiale				X		X
Laser scanner rivestimento definitivo				X	X		
GALLERIE ESISTENTI	Ispezione visiva	X	X	X		A campione: come minimo il 30 % delle misure previste a progetto per l'Impresa.	X
	Fessurimetri sul rivestimento definitivo	X	X	X			X
	Martinetti piatti nel rivestimento definitivo	X	X	X			X

Tabella 7 – Quantificazione del monitoraggio (sezioni di monitoraggio topografico / topografico e geotecnico) – Galleria San Lazzero.

OPERA	MONITORAGGIO	COMPETENZA			
		Attività a carico dell'APPALTATORE (previste all'interno dei LAVORI)		Attività a carico della DIREZIONE LAVORI (compensate nelle SOMME A DISPOSIZIONE)	
		n. strumenti	n. letture	n. strumenti	n. letture
GALLERIE NATURALI E	Perforazioni di prospezione e drenaggi in avanzamento	Est: n. 16 Ovest: n. 8		Elaborazione dei dati ricevuti dall'Impresa.	
	Rilievo geomeccanico del fronte di scavo	Est: n. 6 Ovest: n. 5		Est: n. 2 Ovest: n. 2	
	Misura delle convergenze del cavo ¹	Est: n. 6 Ovest: n. 5	Est: n. 24 Ovest: n. 21	-	Est: n. 8 Ovest: n. 7
	Misure di estrusione al fronte di scavo ²	Est: n. 6 Ovest: n. 5	Est: n. 2 Ovest: n. 2	-	Est: n. 1 Ovest: n. 1
	Misure dello stato tensio-deformativo del rivestimento di prima fase ³	Est: n. 1 Ovest: n. 1	Est: n. 24 Ovest: n. 21	-	Est: n. 8 Ovest: n. 7
	Misure dello stato tensionale nel rivestimento definitivo ⁴	Est: n. 1 Ovest: n. 1	Est: n. 12 Ovest: n. 12	-	Est: n. 4 Ovest: n. 4
	Laser scanner in galleria per la verifica della sagoma di scavo e rispetto dello spessore del RD	-		n. 1 rilievo per ogni campo Est: n. 6 Ovest: n. 5	
	Georadar, dopo il getto del RD per la verifica dello spessore di calotta	-		in continuo Est: L=41 m Ovest: L=29 m	
IMBOCCO LATO GROSSETO	Controlli topografici (n. mire ottiche)	n. 25	n. 28	-	n. 9
	Misure piezometriche (n. piezometri)	n. 3 L=30m	n. 24	-	n. 8
	Misure inclinometriche (n. inclinometri)	n. 3 L=30m	n. 18	-	n. 6
	Misure dello stato tensio-deformative nella soletta (n. barrette)	n. 24	n. 36	-	n. 11
	Laser scanner in galleria artificiale per la verifica della sagoma di scavo e rispetto dello spessore del RD	-		n. 1 rilievo ogni 10 m circa di GA Est: n. 9 Ovest: n. 9	
	Georadar, dopo il getto del RD della galleria artificiale per la verifica dello spessore di calotta	-		in continuo Est: L=87 m Ovest: L=89 m	
	Laser scanner rivestimento definitivo	-		A=3'317 m ²	
IMBOCCO LATO FANO	Controlli topografici (n. mire ottiche)	n. 17	n. 28	-	n. 9
	Misure piezometriche (n. piezometri)	n. 2 L=30m	n. 24	-	n. 8
	Misure inclinometriche (n. inclinometri)	n. 2 L=30m	n. 18	-	n. 6
	Misure dello stato tensio-deformative nella soletta	n. 10	n. 36	-	n. 11
	Laser scanner in galleria artificiale per la verifica della sagoma di scavo e rispetto dello spessore del RD	-		n. 1 rilievo ogni 10 m circa di GA Est: n. 4 Ovest: n. 5	
	Georadar, dopo il getto del RD della galleria artificiale per la verifica dello spessore di calotta	-		in continuo Est: L=41 m Ovest: L=53 m	
	Laser scanner rivestimento definitivo	-		A=1'613 m ²	
GALLERIA ESISTENTE	Ispezione visiva	n. 7		n. 5	
	Fessurimetri sul rivestimento definitivo	n. 10	n. 7	-	n. 5
	Martinetti piatti nel rivestimento definitivo	n. 2	n. 7	-	n. 3

¹ N. stazioni composte da 5 mire ottiche.

² N. stazioni composte da 12 mire ottiche.

³ N. stazioni composte da 3 coppie di barrette estensimetriche sulle centine + 2 celle di carico sotto il piede delle centine.

⁴ N. stazioni composte da 4 coppie di barrette estensimetriche.

Tabella 8 – Quantificazione del monitoraggio (sezioni di monitoraggio topografico / topografico e geotecnico) – Galleria Bucciano.

OPERA	MONITORAGGIO	COMPETENZA			
		Attività a carico dell'APPALTATORE (previste all'interno dei LAVORI)		Attività a carico della DIREZIONE LAVORI (compensate nelle SOMME A DISPOSIZIONE)	
		n. strumenti	n. letture	n. strumenti	n. letture
GALLERIE NATURALI E	Perforazioni di prospezione e drenaggi in avanzamento	Est: n. 32 Ovest: n. 40		Elaborazione dei dati ricevuti dall'Impresa.	
	Rilievo geomeccanico del fronte di scavo	Est: n. 14 Ovest: n. 19		Est: n. 5 Ovest: n. 6	
	Misura delle convergenze del cavo ⁵	Est: n. 14 Ovest: n. 19	Est: n. 25 Ovest: n. 26	-	Est: n. 8 Ovest: n. 8
	Misure di estrusione al fronte di scavo ⁶	Est: n. 14 Ovest: n. 19	Est: n. 2 Ovest: n. 2	-	Est: n. 1 Ovest: n. 1
	Misure dello stato tensio-deformativo del rivestimento di prima fase ⁷	Est: n. 1 Ovest: n. 1	Est: n. 25 Ovest: n. 26	-	Est: n. 8 Ovest: n. 8
	Misure dello stato tensionale nel rivestimento definitivo ⁸	Est: n. 1 Ovest: n. 1	Est: n. 12 Ovest: n. 12	-	Est: n. 4 Ovest: n. 4
	Laser scanner in galleria per la verifica della sagoma di scavo e rispetto dello spessore del RD	-		n. 1 rilievo per ogni campo Est: n. 14 Ovest: n. 19	
	Georadar, dopo il getto del RD per la verifica dello spessore di calotta	-		in continuo Est: L=92 m Ovest: L=120 m	
IMBOCCO LATO GROSSETO	Controlli topografici (n. mire ottiche)	n. 37	n. 28	-	n. 9
	Celle di carico sui puntoni (n. celle)	n. 7	n. 36	-	n. 11
	Misure piezometriche (n. piezometri)	n. 2 L=30m	n. 24	-	n. 8
	Misure inclinometriche (n. inclinometri)	n. 2 L=30m	n. 18	-	n. 6
	Misure dello stato tensio-deformative nella soletta (n. barrette)	n. 4	n. 36	-	n. 11
	Laser scanner in galleria artificiale per la verifica della sagoma di scavo e rispetto dello spessore del RD	-		n. 1 rilievo ogni 10 m circa di GA Est: n. 9 Ovest: n. 7	
	Georadar, dopo il getto del RD della galleria artificiale per la verifica dello spessore di calotta	-		in continuo Est: L=86 m Ovest: L=67 m	
	Laser scanner rivestimento definitivo	-		A=1'131 m ²	
IMBOCCO LATO FANO	Controlli topografici (n. mire ottiche)	n. 15	n. 28	-	n. 9
	Celle di carico sui puntoni (n. celle)	n. 3	n. 36	-	n. 11
	Misure piezometriche (n. piezometri)	n. 2 L=30m	n. 24	-	n. 8
	Misure inclinometriche (n. inclinometri)	n. 2 L=30m	n. 18	-	n. 6
	Misure dello stato tensio-deformative nella soletta	n. 2	n. 36	-	n. 11
	Laser scanner in galleria artificiale per la verifica della sagoma di scavo e rispetto dello spessore del RD	-		n. 1 rilievo ogni 10 m circa di GA Est: n. 7 Ovest: n. 3	
	Georadar, dopo il getto del RD della galleria artificiale per la verifica dello spessore di calotta	-		in continuo Est: L=68 m Ovest: L=31 m	
	Laser scanner rivestimento definitivo	-		A=179 m ²	
GALLERIE A	Ispezione visiva	n. 15		n. 5	
	Fessurimetri sul rivestimento definitivo	n. 10	n. 15	-	n. 5
	Martinetti piatti nel rivestimento definitivo	n. 2	n. 9	-	n. 3

⁵ N. stazioni composte da 5 mire ottiche.

⁶ N. stazioni composte da 12 mire ottiche.

⁷ N. stazioni composte da 3 coppie di barrette estensimetriche sulle centine + 2 celle di carico sotto il piede delle centine.

⁸ N. stazioni composte da 4 coppie di barrette estensimetriche.

5.2 Monitoraggio da piano campagna

Tabella 9 – Suddivisione delle misure tra Impresa e DL.

MONITORAGGIO	COMPETENZA					
	Attività a carico dell'APPALTATORE (previste all'interno dei LAVORI)			Attività a carico della DIREZIONE LAVORI (compensate nelle SOMME A DISPOSIZIONE)		
	Installaz.	Misura	Elaborazione, Restituzione e Commento del dato	Installazione.	Misura	Elaborazione, Restituzione e Commento del dato
Controlli topografici	X	X	X	A campione: come minimo il 30 % delle misure previste a progetto per l'Impresa.	A campione: come minimo il 30 % delle misure previste a progetto per l'Impresa.	A campione: come minimo il 30 % delle misure previste a progetto per l'Impresa.
Misure piezometriche	X	X	X			
Misure inclinometriche	X	X	X			
Clinometri	X	X	X			
Fessurimetri	X	X	X			

Tabella 10 – Quantificazione del monitoraggio (sezioni di monitoraggio topografico / topografico e geotecnico) – Galleria San Lazzero.

MONITORAGGIO	Attività a carico dell'APPALTATORE (previste all'interno dei LAVORI)		Attività a carico della DIREZIONE LAVORI (compensate nelle SOMME A DISPOSIZIONE)	
	n. strumenti	n. letture	n. strumenti	n. letture
Controlli topografici	Topogr.: 46 Topogr e geot.: 38	Topogr.: 98 Topogr e geot.: 98	Topogr.: 18 Topogr e geot.: 12	Topogr.: 25 Topogr e geot.: 25
Misure piezometriche	Topogr e geot.: 4	Topogr e geot.: 98	Topogr e geot.: 1	Topogr e geot.: 25
Misure inclinometriche	Topogr e geot.: 4	Topogr e geot.: 98	Topogr e geot.: 1	Topogr e geot.: 25

Tabella 11 – Quantificazione del monitoraggio (sezioni di monitoraggio topografico / topografico e geotecnico) – Galleria Bucciano.

MONITORAGGIO	Attività a carico dell'APPALTATORE (previste all'interno dei LAVORI)		Attività a carico della DIREZIONE LAVORI (compensate nelle SOMME A DISPOSIZIONE)	
	n. strumenti	n. letture	n. strumenti	n. letture
Controlli topografici	Topogr.: 46 Topogr e geot.: 38	Topogr.: 167 Topogr e geot.: 167	Topogr.: 15 Topogr e geot.: 12	Topogr.: 51 Topogr e geot.: 51
Misure piezometriche	Topogr e geot.: 5	Topogr e geot.: 167	Topogr e geot.: 1	Topogr e geot.: 51
Misure inclinometriche	Topogr e geot.: 5	Topogr e geot.: 167	Topogr e geot.: 1	Topogr e geot.: 51

Tabella 12 – Quantificazione del monitoraggio (edifici) Galleria San Lazzero.

EDIFICIO	Attività a carico dell'APPALTATORE (previste all'interno dei LAVORI)		Attività a carico della DIREZIONE LAVORI (compensate nelle SOMME A DISPOSIZIONE)	
	n. strumenti	n. letture	n. strumenti	n. letture
Sez. S2 – Sez. S3	Mire ottiche: 39 Clinometri: 4 Fessurimetri: 3	98	Mire ottiche: 12 Clinometri: 2 Fessurimetri: 1	30
Sez. N1	Mire ottiche: 18 Clinometri: 2 Fessurimetri: 3	98	Mire ottiche: 6 Clinometri: 1 Fessurimetri: 1	30
Sez. N3	Mire ottiche: 56 Clinometri: 4 Fessurimetri: 6	98	Mire ottiche: 17 Clinometri: 2 Fessurimetri: 2	30

Tabella 13 – Quantificazione del monitoraggio (edifici) Galleria Bucciano.

EDIFICIO	Attività a carico dell'APPALTATORE (previste all'interno dei LAVORI)		Attività a carico della DIREZIONE LAVORI (compensate nelle SOMME A DISPOSIZIONE)	
	n. strumenti	n. letture	n. strumenti	n. letture
Sez. G186 – Sez. G187	Mire ottiche: 16 Clinometri: 4 Fessurimetri: 3	167	Mire ottiche: 5 Clinometri: 2 Fessurimetri: 1	51
Sez. G 189	Mire ottiche: 28 Clinometri: 2 Fessurimetri: 6	167	Mire ottiche: 9 Clinometri: 1 Fessurimetri: 2	51
Sez. G 190 – Sez. G191	Mire ottiche: 48 Clinometri: 4 Fessurimetri: 3	167	Mire ottiche: 15 Clinometri: 2 Fessurimetri: 1	51
Sez. G 193 – Sez. G194	Mire ottiche: 18 Clinometri: 2 Fessurimetri: 3	167	Mire ottiche: 6 Clinometri: 1 Fessurimetri: 1	51

6 SPECIFICHE TECNICHE STRUMENTAZIONE

L'installazione, il collaudo e la calibrazione degli strumenti di misura dovranno essere eseguite dall'Impresa con la supervisione del fornitore degli strumenti, sotto la sorveglianza di un tecnico esperto incaricato dalla DL.

Il momento dell'installazione viene fissato di comune accordo tra l'Impresa e la DL. L'installazione degli strumenti di misura deve avvenire al più presto possibile rispetto all'avanzamento.

Gli strumenti di misura dovranno essere protetti da danni provocati dai lavori di costruzione. Gli strumenti di misura danneggiati dovranno essere sostituiti a cura dell'Impresa.

Nel seguito si riportano le caratteristiche tecniche degli strumenti; si noti che il riferimento a prodotti e marchi commerciali è del tutto indicativo

6.1 Rilievi geomeccanici: martello di Schmidt e point load test

6.1.1 Martello di Schmidt

La prova consiste nella determinazione dell'indice di rimbalzo R su superfici di roccia intatta o di discontinuità, correlabile empiricamente al valore di resistenza di compressione monoassiale; la prova sarà condotta impiegando uno sclerometro da roccia tipo L (martello di Schmidt) ed eseguendo almeno 10 test per ogni prova.

I test di rimbalzo andranno eseguiti su superfici preventivamente pulite.



Figura 1 - Esempio di martello di Schmidt.

6.1.2 Point Load Test

La prova consiste nella determinazione dell'indice di resistenza a carico puntuale $I_{s(50)}$, ottenuto attraverso l'applicazione di un carico concentrato mediante due punte coniche di dimensione standard.

L'indice di resistenza $I_{s(50)}$ può essere utilizzato per la classificazione della roccia in esame e può fornire indicazioni preliminari in merito ad altri parametri di resistenza della roccia, quali la resistenza a compressione monoassiale e la resistenza a trazione.

La prova è eseguibile sia su spezzoni di carota, con carico applicato diametralmente o assialmente, sia su provini di forma prismatica o irregolare.

L'apparecchiatura di prova, conforme allo standard di riferimento - ASTM D 5731 - 95 - Standard

Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock, dovrà essere dotata di un strumento di misura del carico che garantisca una precisione non inferiore al 5% del carico applicato e che consenta la memorizzazione del massimo carico raggiunto alla rottura.

La prova dovrà essere condotta eseguendo almeno 20 rotture. Nel caso in cui la roccia in esame sia anisotropa, dovranno essere eseguite 10 rotture perpendicolari e 10 rotture parallele ai piani di debolezza.

I frammenti di roccia da sottoporre a prova dovranno rispettare i seguenti requisiti dimensionali.

Test diametrali su spezzoni di carota:

- distanza tra le punte di carico e l'estremità più vicina $L > 0.5 D$ con D = diametro della carota (corrispondente alla distanza tra le punte di carico);
- $D > 30$ mm.

Test assiali su spezzoni di carota:

- rapporto tra la lunghezza D (corrispondente alla distanza tra le punte di carico) ed il diametro W della carota compreso tra 0.3 e 1;
- $D > 30$ mm.

Test su provini irregolari:

- rapporto tra l'altezza D (corrispondente alla distanza tra le punte di carico) e la larghezza media W del piano di rottura, compreso tra 0.3 e 1;
- distanza tra le punte di carico e l'estremità più vicina $L > 0.5 D$;
- $D > 30$ mm.

Ogni frammento di roccia appartenente alla serie di prova dovrà essere portato a rottura incrementando il carico gradualmente e senza brusche variazioni. La velocità di incremento del carico dovrà essere scelta in modo che la rottura del provino avvenga in un intervallo di tempo compreso tra 10 e 60 secondi.

Per ciascuna rottura si registreranno i seguenti dati:

- numero della rottura;
- tipo di rottura (diametrale, assiale, su spezzone irregolare);
- diametro della carota per prove assiali o larghezza media del piano di rottura per prove su spezzoni irregolari W [mm];
- distanza tra le punte di carico D [mm];
- carico di rottura P [kN].

Non saranno considerate valide le rotture che presentano piano di rottura passante solo per una delle punte di carico.

Per ciascun frammento sottoposto a rottura si determineranno e si registreranno i seguenti parametri:

- diametro equivalente D_e , con $D_e = D$ per le prove diametrali e $D_e = (4 \cdot W \cdot D / \pi)^{0.5}$ per le prove assiali e su provini irregolari;
- indice di resistenza a carico puntuale non corretto $I_s = P/D_e^2$ [MPa].

A conclusione della prova si dovranno determinare gli indici di resistenza a carico puntuale corretti $I_{s(50)}$ medi nella direzione normale e parallela ai piani di debolezza e l'indice di anisotropia $I_{a(50)}$ ottenuto dal rapporto tra gli indici di resistenza a carico puntuale medi corretti normali e paralleli ai piani di debolezza.

Il valore dell'indice di resistenza a carico puntuale corretto $I_{s(50)}$ medio dovrà essere determinato plottando in scala bilogarithmica tutte le coppie di valori D_e^2/P ottenute nella prova per ciascuna direzione di carico e ricavando per interpolazione lineare il valore di $P_{(50)}$ corrispondente a D_e^2 pari a 2500 mm^2 ($D_e = 50 \text{ mm}$); il valore di $I_{s(50)}$ sarà quindi determinato secondo l'espressione:

$$I_{s(50)} = P_{(50)}/2500$$

Qualora i dati di prova risultassero eccessivamente dispersi la determinazione di $I_{s(50)}$ dovrà essere

eseguita su ogni provino secondo la seguente espressione:

$$I_{s(50)} = I_s * (D_e/50)0.45$$

Il valore di $I_{s(50)}$ medio sarà in questo caso ottenuto dalla media dei valori di $I_{s(50)}$ calcolati con esclusione dei due valori più alti e dei due valori più bassi per ciascuna direzione di carico; sarà inoltre eseguita una valutazione statistica dell'attendibilità della prova con determinazione della deviazione standard e del coefficiente di variazione per ciascuna direzione di carico.



Figura 2 - Esempio di point load tester.

6.2 Sondaggio a distruzione con DAC test

Per il controllo e gestione del drilling la perforatrice è dotata di un Data Logger. Il modello sistema tipo JET 4000 AME / I è adatto per la registrazione dei valori di pressione, può essere impiegato anche nelle tecniche di consolidamento del terreno a bassa pressione. Inoltre incorpora funzioni per automatizzare e velocizzare i processi di pompaggio.



Figura 3 - Esempio di data logger.

I parametri misurati dal Data Logger sono:

- Ora Inizio
- Ora Fine
- Profondità
- Coppia di Rotazione
- Velocità di avanzamento
- Spinta

- Pressione del fluido di circolazione

Le unità di misura possono essere variate, previa impostazione preventiva del data logger. I file che verranno creati automaticamente possono essere esportati in Excel. A richiesta la DL potrà anche usufruire di un grafico riassuntivo con tutte le indicazioni richieste. Sarà indicato per ogni sondaggio eseguito la progressiva di inizio scavo e la lunghezza di perforazione.

Sezione	Profondità	Data	Data Finale	Durata	Velocità	V.Finale	P	F	C/Ph	Fu/Pa	Vr	T	Ea	Lunghez	InclK	Inclr	DevK	DevY
246	12,30	8/01/2005	09:06:15	00:00:03	72	3	2	75	70	38	201	0,0	73,8	0,05	0,0	0,0	0,00	0,00
247	12,35	8/01/2005	09:06:18	00:00:03	64	4	2	76	67	37	203	0,0	80,4	0,05	0,0	0,0	0,00	0,00
248	12,40	8/01/2005	09:06:20	00:00:02	67	3	2	76	69	38	201	0,0	78,0	0,05	0,0	0,0	0,00	0,00
249	12,45	8/01/2005	09:06:23	00:00:03	90	3	1	76	69	38	203	0,0	58,3	0,05	0,0	0,0	0,00	0,00
250	12,50	8/01/2005	09:06:24	00:00:01	90	3	2	77	72	39	203	0,0	61,0	0,05	0,0	0,0	0,00	0,00
251	12,55	8/01/2005	09:06:26	00:00:02	95	3	2	77	70	39	203	0,0	56,7	0,05	0,0	0,0	0,00	0,00
252	12,60	8/01/2005	09:06:29	00:00:03	90	2	2	77	71	38	203	0,0	60,5	0,05	0,0	0,0	0,00	0,00
253	12,65	8/01/2005	09:06:31	00:00:02	90	3	2	75	75	39	199	0,0	62,4	0,05	0,0	0,0	0,00	0,00
254	12,70	8/01/2005	09:06:33	00:00:02	86	3	2	75	73	39	198	0,0	63,4	0,05	0,0	0,0	0,00	0,00
255	12,75	8/01/2005	09:07:32	00:00:03	3	5	1	76	65	35	193	0,0	1594,8	0,05	0,0	0,0	0,00	0,00
256	12,80	8/01/2005	09:07:51	00:00:19	10	23	4	74	71	26	203	0,0	557,5	0,05	0,0	0,0	0,00	0,00
257	12,85	8/01/2005	09:08:00	00:00:09	20	11	4	72	74	38	202	0,0	283,2	0,05	0,0	0,0	0,00	0,00
258	12,90	8/01/2005	09:08:07	00:00:07	24	10	2	75	67	32	205	0,0	215,5	0,05	0,0	0,0	0,00	0,00
259	12,95	8/01/2005	09:08:11	00:00:04	43	5	3	76	67	34	206	0,0	122,4	0,05	0,0	0,0	0,00	0,00
260	13,00	8/01/2005	09:08:14	00:00:03	69	3	3	77	69	37	207	0,0	77,9	0,05	0,0	0,0	0,00	0,00
261	13,05	8/01/2005	09:08:17	00:00:03	55	4	3	77	74	38	207	0,0	106,5	0,05	0,0	0,0	0,00	0,00
262	13,10	8/01/2005	09:08:19	00:00:02	120	2	2	77	80	38	207	0,0	52,2	0,05	0,0	0,0	0,00	0,00
263	13,15	8/01/2005	09:08:20	00:00:01	120	2	2	77	83	38	206	0,0	54,0	0,05	0,0	0,0	0,00	0,00

Figura 4 - Esempio di esportazione dati in Excel dal data logger.

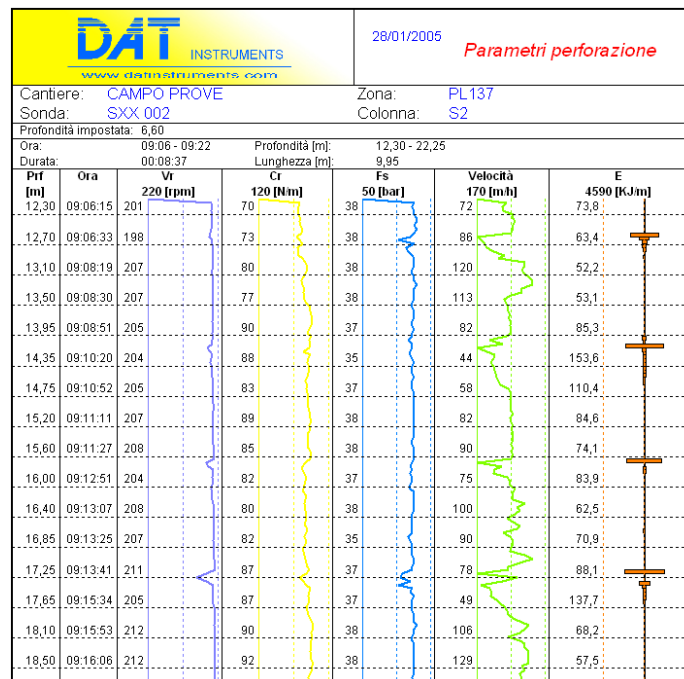


Figura 5 - Esempio di grafico riassuntivo dei dati richiesti.

6.3 Mire ottiche

Per la misura della deformazione verranno impiegati teodoliti a registrazione automatica e attrezzature elettroniche che permettano l'esecuzione di misure di distanza dello strumento dai punti di mira con errore < 1mm per distanze fino a 80m in condizioni di normale visibilità e < 3/100° per le direzioni.

I punti di mira verranno realizzati con mire ottiche (riflettori) montate su normali bulloni di convergenza cementati, oppure solidali ai profilati o alle armature.

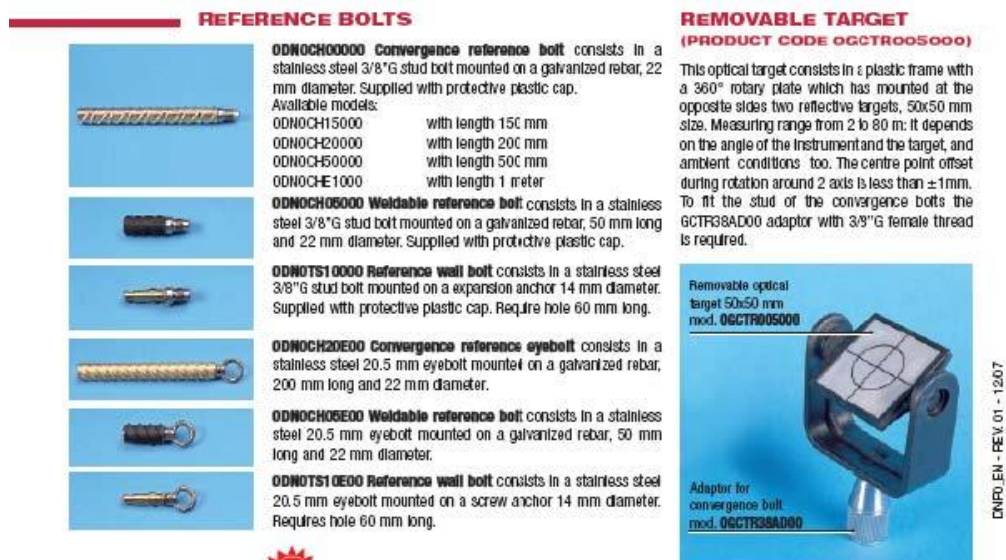


Figura 6 – Esempio di mire ottiche.

6.4 Estensimetri a corda vibrante

L'estensimetro a corda vibrante è costituito da una corda d'acciaio tesa tra due blocchetti che sono fissati o annegati nella struttura da tenere sotto controllo. Le due estremità della corda devono essere ancorate in modo tale da assicurare una stabilità costante a lungo termine. In prossimità della corda è presente una bobina elettromagnetica che produce delle vibrazioni convertite in segnali elettrici di corrente alternata; la frequenza di tali segnali elettrici risulta inversamente proporzionale alla lunghezza della corda. Il cambiamento dello stato di sforzo della struttura sotto controllo provoca una variazione della lunghezza della corda e di conseguenza una variazione della frequenza del segnale che sarà misurato in microstrain per mezzo di una apposita centralina di lettura digitale.

L'estensimetro è in acciaio inox con un tubicino protettivo mobile assicurato da un Oring. Una molla interna tiene la corda ad una tensione iniziale il cui valore, di norma, è a metà del campo di misura dello strumento ma può essere facilmente modificato nel corso dell'installazione agendo su una apposita vite di regolazione. Viene impiegato per applicazioni su elementi di acciaio o su barre di armatura mediante blocchetti di montaggio.

L'estensimetro a c.v. dovrà presentare le seguenti caratteristiche minime:

- lunghezza della corda: 50, 150 - 250 mm;
- campo di rilievo: +/- 1500 microstrain;
- sensibilità: 1,0 microstrain;
- frequenza di zero tipica: 800 Hz;
- resistenza della bobina: 150 ohm;
- temperatura di esercizio: -20° - +80° C.

L'estensimetro a c.v. dovrà essere dotato di un sensore integrato per il contemporaneo rilievo della temperatura della struttura sotto controllo. Tale temperatura dovrà potere essere letta nella centralina di lettura.

- Negli estensimetri installati per saldatura si dovrà adottare la seguente procedura di massima:
- pulire accuratamente la superficie di saldatura rimuovendo l'eventuale ruggine con una levigatrice o carta smerigliata;
- eliminare eventuali irregolarità nella superficie e/o tracce di grasso;
- segnare esattamente la posizione di saldatura;
- eseguire la saldatura;

- verificare che la saldatura sia stata effettuata a perfetta regola d'arte secondo i criteri della normativa vigente.

Quando si saldano gli estensimetri resistivi ai ferri di armatura è necessario avvolgere la barretta estensimetrica con uno straccio bagnato per contrastare la propagazione del calore verso il ponte estensimetrico.

Gli estensimetri dovranno essere collegati alla centralina di lettura per mezzo di cavi la cui lunghezza deve essere adeguatamente prevista in fase di programmazione dell'installazione delle apparecchiature allo scopo di evitare, successivamente, di ricorrere a giunzioni o prolunghe. Ciascun cavo dovrà essere dotato, all'estremità esterna, di una targhetta identificativa chiaramente leggibile anche durante l'esercizio.

La procedura di lettura dovrà essere la seguente:

- a) accendere la centralina e verificarne il valore di zero; spegnere la centralina;
- b) collegare la centralina al terminale di lettura e accenderla;
- c) attendere che il valore evidenziato sul display si stabilizzi e comunque per il tempo minimo eventualmente indicato nel manuale d'uso;
- d) annotare il valore rilevato sull'apposito modulo di lettura che deve contenere anche la lettura precedente.

VIBRATING WIRE STRAIN-GAUGES

strain gauges & thermometers

ACCESSORIES AND SPARE PARTS

<p>OVK420VW00 "No-stress" embedment strain gauge with plastic container to isolate the section of concrete around the gauge</p>	<p>OVK42VC3D00 Mounting block for rosette assembling of embedment strain-gauges (X-Y-Z orientation)</p>
<p>OVK400VIG00 Mounting Jig for welding the strain-gauge mounting blocks on the steel surface</p>	<p>OVK400MB200 Pair of arch weldable mounting blocks</p>



OVK420VW00 "no-stress" strain-gauge



3-D strain-gauge assembly

TECHNICAL SPECIFICATIONS

Model	OVK400VS00	OVK420VC00	OVK200SP00	OVK400SM00
Description	surface mount type strain-gauge with pluck coil and arch weldable end blocks	concrete strain-gauge with flanges for concrete embedment	spot weldable strain gauge for steel structures	embedment strain-gauge specially designed for shotcrete application
Method of installation	arch welding	embedment	spot welder	embedment
Active gauge length	150 mm	165 mm	50 mm	200 mm
Range (nominal)	3000 µε	3000 µε	3000 µε	10000 µε
Sensitivity	1.0 µε	1.0 µε	1.0 µε	0.1 µε
Accuracy	<2.0% FSR	<2.0% FSR	<2.0% FSR	<2.0% FSR
Stability	0.1% FS/yr	0.1% FS/yr	0.1% FS/yr	0.1% FS/yr
Typical frequency datum	800 Hz	800 Hz	800 Hz	1600 Hz
Coil resistance	150 ohm	150 ohm	150 ohm	150 ohm
Thermal coeff. of expansion	11.6x10 ⁻⁶ /°C	11.6x10 ⁻⁶ /°C	11.6x10 ⁻⁶ /°C	11.6x10 ⁻⁶ /°C
Temperature range	-20°C + 80°C	-20°C + 80°C	-20°C + 80°C	-20°C + 80°C



Strain-gauges on steel lining

Vibrating wire strain-gauge output is a frequency signal, and it is therefore insensitive to resistance changes in connecting cables caused by contact resistance or leakage to ground. Gauges may be read up to 1000 metres away from their location without change in calibration. The vibrating wire gauge has the same thermal coefficient of expansion of reinforcing bar (and similar to that of concrete) and there is no requirement to compensate for thermal effects in normal use (thermal correction may be required, for example, in the calculation of stress changes of restrained structural members resulting from temperature changes). Temperatures can be measured by a NTC thermistor encapsulated in the pluck coil housing.

⚡ electromagnetic compatibility according to EN 61326-1 and EN 61326-A1 directives for EMC emission and immunity

PHYSICAL FEATURES



OVK400VS00



OVK420VC00

Figura 7 – Esempio di estensimetri a corda vibrante.

6.5 Celle di carico al piede delle centine

La cella di pressione è costituita dai seguenti elementi:

- cella di pressione (piatto sensore);
- tubo idraulico di collegamento;
- trasduttore di pressione.

La cella di pressione (piatto sensore) è costituita da due sottili lastre in acciaio inossidabile saldate ai bordi al cui interno è contenuto un fluido in pressione, in genere olio disaerato sotto vuoto spinto per ottenere la minima compressibilità dell'olio. La pressione esercitata dalla struttura agisce sull'elemento sensibile della cella e viene trasmessa mediante il fluido ad un trasduttore di pressione. Il trasduttore di pressione può essere di diversi tipi: meccanico, di tipo elettrico in corrente con uscita

standard 4-20 mA oppure a corda vibrante. La cella di pressione può essere di forma circolare, rettangolare o qualsiasi.

Il tipo di cella dovrà essere scelto in funzione del campo di pressione previsto in sito (0-5 MPa, 0-20 MPa).

Per l'installazione si dovrà procedere in modo tale da garantire il perfetto contatto tra le due facce della cella di pressione e le piastre.

Dopo qualche giorno dall'installazione della cella di pressione si dovrà verificare la continuità del contatto cella/rivestimento ed eventualmente procedere alla ripressurizzazione della cella. Verificata la continuità del contatto cella/terreno (rivestimento), si procederà al precarico della cella eseguendo al termine della stessa una misura di controllo. Sarà necessario attendere alcune ore prima della stabilizzazione.

pressure and load cells

STRAIN-GAUGES LOAD CELLS


www.gentiles.com

L2CT LOAD CELLS


Full scales	3.000, 5.000, 10.000 kN*		
Overload	150% F.S.		
Sensitivity	0,01% F.S.		
Accuracy	0,2% F.S.		
Power supply	12 V DC		
Output signal	2 mV/V at full scale		
Insulation	> 2 Mohm		
Output bridge resistance	350 Ohm		
Temp. operating range	-40°C +75°C		
Compensated temp. range	-20°C +60°C		
Protection Class	IP 65		
Material	steel UR-40		

* Load Cells can also be supplied on client request for specific application.

Model	0L2CT030000	0L2CT050000	0L2CT100000
Range	3000 kN	5000 kN	10000 kN
Diameter	135 mm	180 mm	230 mm
Height	200 mm	200 mm	300 mm
Overall size	175x200 mm	220x200 mm	270x300 mm



L2CE LOAD CELLS



These cells are specially designed for steel lining and pile testing applications. The mounting surface for load cell applications shall be flat and parallel for optimum performance.

Model	0L2CE019000	0L2CE030000
Range	1.900 kN	3.000 kN
Accuracy	typical 1% FS	
(linearity, hysteresis and repeatability)		
Sensor resolution	15 kg, 20kg	
Power supply	from 0 to 30 V DC	
Output signal	4-20 mA (current loop)	
Temp. operating range	from -20° to +80°C	
Protection Class	IP 68 watertight up to 100 kPa	
Material	stainless steel	
Pad diameter	191 mm	242.5 mm
Thickness	39 mm	39 mm
Overall size	320x39 mm	345x39 mm

Special distribution plates with spherical surface are available for application between not parallel planes.

0L2CE200PDD	Twin plates for 1.900 kN load cell, overall diam. 200 mm
0L2CE252PDD	Twin plates for 3.000 kN load cell, overall diam. 252 mm

electromagnetic compatibility according to EN 61326-1 and EN 61326-A1 directives for EMC emission and immunity

L2CT_LB_N - REV. 01 - 04/05

Figura 8 – Esempio di cella di carico.

6.6 Laser scanner

Il laser scanner dovrà consentire l'impostazione di velocità e passo delle rotazioni, per ottenere un'adeguata risoluzione.

Key Leica HDS6100 Performance Specifications	
Instrument type	Compact, phase-based, dual-axis sensing, ultra-high speed laser scanner, with survey-grade accuracy and full field-of-view
User interface	Onboard touch panel, or external notebook or Tablet PC, or PDA
Data storage	Integrated hard drive
Accuracy of single measurement	Position 5 mm, 1 m to 25 m range; 9 mm to 50 m range
	Distance ≤ 2 mm at 90% albedo up to 25 m; ≤ 3 mm at 18% albedo up to 25 m ≤ 3 mm at 90% albedo up to 50 m; ≤ 5 mm at 18% albedo up to 50 m
Spot size	Angle (Horizontal/vertical) 125 μ rad/125 μ rad (7.9 mgon/7.9 mgon) one sigma
	3 mm at exit (based on Gaussian definition) + 0.22 mrad divergence; 8 mm @25 m; 14 mm @50 m;
Modeled surface precision**/noise	1 mm at 25 m; 2 mm at 50 m, for 90% albedo; one sigma 2 mm at 25 m; 4 mm at 50 m, for 18% albedo; one sigma
Target acquisition***	2 mm std. deviation
Dual-axis sensor	Selectable on/off; Resolution 3.6"
Laser scanning system	Range 79 m ambiguity interval 79 m @90%; 50 m @18% albedo
	Scan Rate Up to 508,000 points/sec, maximum instantaneous rate
	Scan density @10 m @50 m
	"Preview" 50.6 x 50.6 mm 250 x 250 mm
	Middle (4x) 12.6 x 12.6 mm 62 x 62 mm
	High (8x) 6.3 x 6.3 mm 31.4 x 31.4 mm
	Super High (16x) 3.1 x 3.1 mm 15.8 x 15.8 mm
	Ultra High (32x) 1.6 x 1.6 mm 7.9 x 7.9 mm
Laser Class	3R (IEC 60825-1)
Lighting	Fully operational between bright sunlight and complete darkness
Power supply	24 V DC; integrated Li-ion battery (2.5 hrs) and/or optional external DC power supply (4 hrs) or AC supply
Power consumption	65 W max.
Temperature	Operation: -10° C to +45° C; Storage: -20° C to +50° C

All specifications are subject to change without notice

All +/- accuracy specifications are one sigma unless otherwise noted

** One sigma; subject to modeling methodology for modeled surface

*** Algorithmic fit to planar HDS gray & white targets



Figura 9 – Esempio di laser scanner.

6.7 Georadar

L'attrezzatura di base per il rilievo georadar dei rivestimenti definitivi deve comprendere:

- una unità georadar centrale di comando, controllo ed amplificazione, in grado di operare con almeno due canali, e dotato di un registratore magnetico digitale, di un monitor e di una stampante entrambe a colori;
- antenne, dotate di amplificatore di potenza, con frequenza compresa tra 80 e 1500 MHz;
- cavo multipolare di collegamento tra l'unità georadar e l'antenna.

Dovranno essere disponibili appositi software necessari per l'analisi ed il trattamento dei segnali registrati (filtrazione, correzione, valutazione di velocità di propagazione, correlazione ecc..).

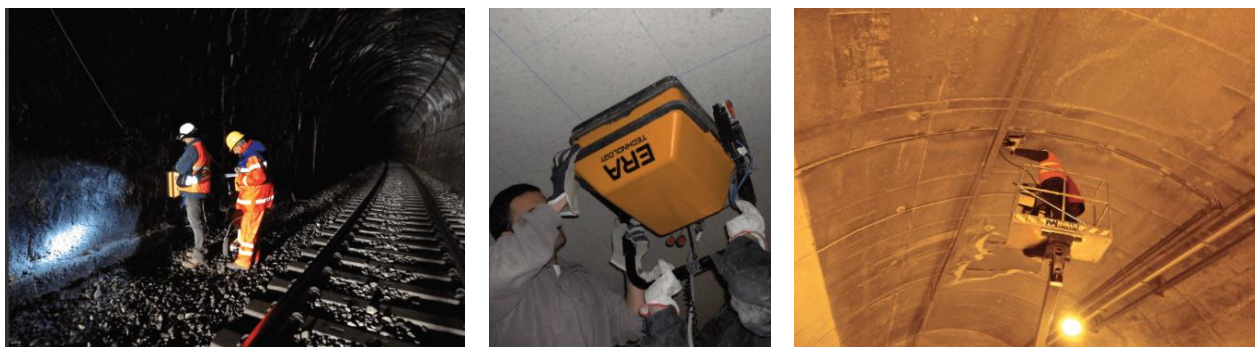


Figura 10 – Esempio di georadar in galleria.

6.8 Celle di carico sui tiranti

Le celle di carico toroidali di tipo elettrico sono costituite da un corpo in acciaio di forma toroidale sensibilizzato con strain-gauges di tipo resistivo, che garantiscono una bassa sensibilità ai carichi eccentrici. La cella deve essere installata tra una piastra di distribuzione del carico ed una piastra supplementare in acciaio (se non è possibile predisporre una superficie piana).

Le celle di carico dovranno avere con campo di misura 0-1000 kN. Il sensore di misura dovrà consentire una accuratezza di misura migliore del 0.5% del fondo scala.

Il corpo cella dovrà essere in acciaio inox o adeguatamente protetto contro fenomeni di ossidazione e corrosivi.

Per effettuare la misura è possibile utilizzare un cavo elettrico che collega direttamente la cella alla centralina di misura portatile o al datalogger, oppure una connettività wireless (senza fili).

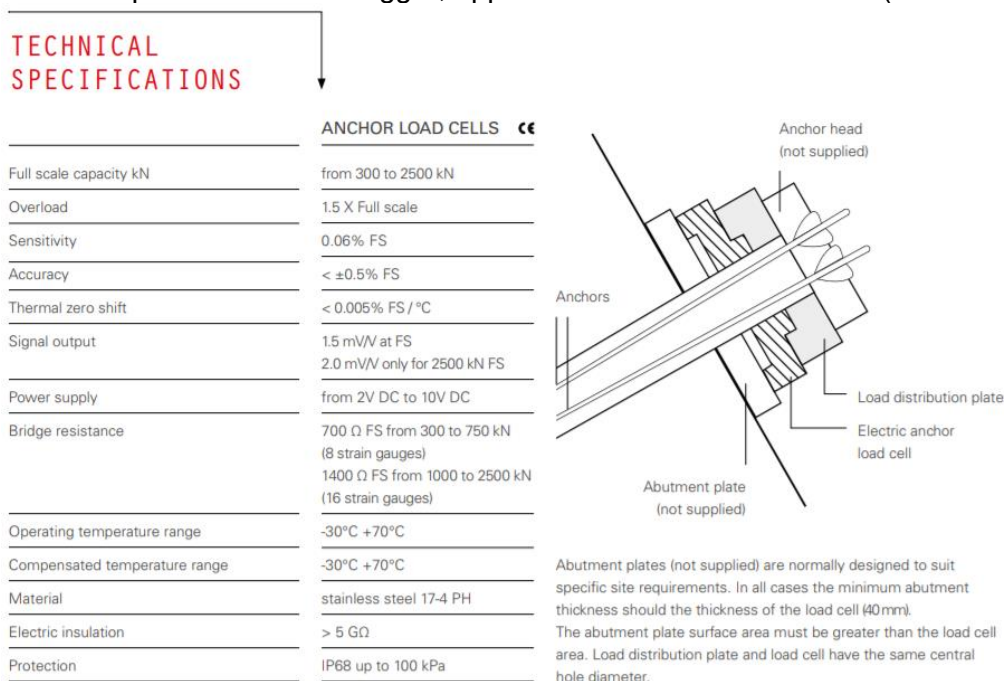


Figura 11 – Esempio di cella di carico toroidale per tiranti.

6.9 Piezometri

I piezometri a tubo aperto sono tubi PVC inseriti entro fori di sondaggio per la misura di livello della falda. Lo strumento è costituito da:

- Tubi filtranti in PVC, di spessore pari a 1÷2 mm, con finestre trasversali con apertura di 0,4 - 1,0 mm, diametro interno compreso tra 40 e 80 mm, con giunzione a manicotto esterno. I tubi dovranno essere forniti in spezzoni di lunghezza non superiore a 3 metri.
- Tubi ciechi in PVC, di spessore pari a 1÷2 mm, con diametro interno compreso tra 40 e 80 mm e con le estremità filettate e giuntate con manicotti esterni.

Le misure di livello di falda nei piezometri a tubo aperto sono effettuate con l'ausilio di un freatimetro, costituito da un cavo montato su di un rullo alloggiante il circuito di segnalazione e la batteria, così da risultare facilmente trasportabili. Il puntale montato all'estremità inferiore del cavo, al contatto con l'acqua, chiude un circuito che attiva un segnale sonoro e luminoso: la posizione in cui si trova la sonda quando vengono attivati tali segnali di allarme corrisponde con il livello dell'acqua che viene così letto direttamente sul cavo graduato.

I freatimetri sono dotati di:

- segnalatore acustico (con cicalino) e visivo (mediante led) di raggiungimento del livello dell'acqua
- interruttore di accensione e spegnimento
- manopola per la regolazione della sensibilità del puntale
- diametro della sonda 12 mm (altri diametri a richiesta)
- alimentazione con batteria da 9 Volt
- rullo avvolgicavo in materiale plastico dotato di freno e portapuntale.
- cavo centimetrato o millimetrato;
- eventuale sensore di temperatura integrato nel puntale.

	MODEL C112T	MODEL C112
Application	Ground water level Ground water temperature	Ground water level
PROBE		
Diameter	16 mm (suitable for tube > 3/4")	16 mm (suitable for tube > 3/4")
Length	120 mm	120 mm
Material	Stainless steel and ABS	stainless steel and ABS
Weights	Zn - Al alloy, OD 12 mm	Zn - Al alloy, OD 12 mm
CABLE		
Type	tempered steel tape with nylon jacket	tempered steel tape with nylon jacket
Lengths	30, 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500 m	30, 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500 m
Graduation	every millimeter	every millimeter
Colour	yellow with black/red marks	yellow with black/red marks
Width	10 mm	10 mm
REEL		
Material	heavy plastic plates and steel tubing stand, baked-on paint	heavy plastic plates and steel tubing stand, baked-on paint
BATTERY		
Type	2 x 9 V DC disposal	9 V DC disposal
TEMPERATURE PROBE		
Sensor type	IC 590 KH	
Measuring range	-55°C +80°C	
Resolution	0.1°C	
Accuracy	< 0.5°C	
Operating time	about 20 hours	

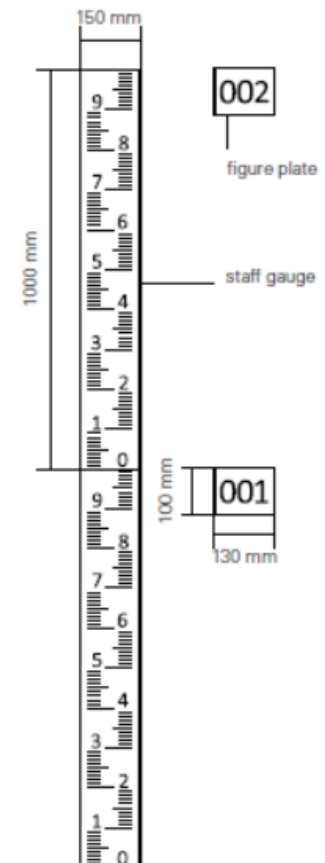


Figura 12 – Esempio di freatimetro.

6.10 Inclinometri

La tubazione inclinometrica è costituita dai seguenti elementi:

- spezzoni di tubo della lunghezza di 3-6 metri;

- manicotti di giunzione che permettono il collegamento degli spezzoni di tubo (mantenendo l'orientamento delle guide);
- tappo di fondo che impedisce l'ingresso della boiaccia durante la fase di cementazione;
- tappo protettivo di testa.

La sonda inclinometrica removibile è uno strumento di controllo e sorveglianza degli spostamenti di tubi inclinometrici. Il sistema è costituito da:

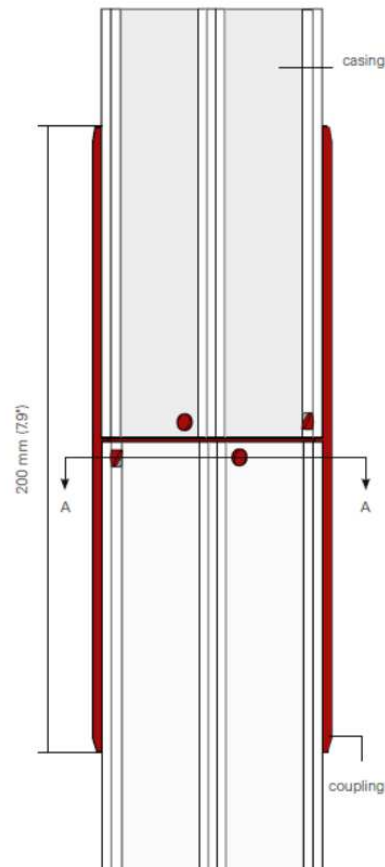
- una sonda inclinometrica verticale con sensori MEMS digitali;
- il cavo multipolare portante metrato completo di rullo avvolgicavo;
- un bloccacavo che consente di mantenere in sospensione la sonda al centro del tubo inclinometrico.

Per effettuare la misura è possibile utilizzare una centralina di misura portatile o una datalogger, oppure una connessione Bluetooth con smartphone.

SELF COUPLING CASINGS

PRODUCT CODE	OS131QL603M	OS13100610F
Description	metric SC casing	English SC casing
Material	ABS (Acrylonitrile-Butadiene-Styrene)	
Outer diameter (OD)	71 mm (2.8")	
Inner diameter (ID)	60 mm (2.4")	
Groove ID	65 mm (2.6")	
Thickness	3.75 mm (0.15")	
Length	3 meter	10 feet
Casing weight	2.1 kg	4.6 lb
Spiral	< 0.6° / 3 m	< 0.61° / 10 feet
Suggested borehole drilling diameter	101 mm (4")	
Temperature (max 1 hour)	+90°C (176 °F)	

PRODUCT CODE	OS131MQ6000
Description	coupling for SC casing
Material	ABS (Acrylonitrile-Butadiene-Styrene)
Outer diameter (OD)	77 mm (3.0")
Inner diameter (ID)	67 mm (2.6")
Groove ID	71.5 mm (2.8")
Thickness	5 mm (0.2")
Length	200 mm (7.9")
Casing weight	0.20 kg (0.44 pound)
Spiral	-
Suggested borehole drilling diameter	-



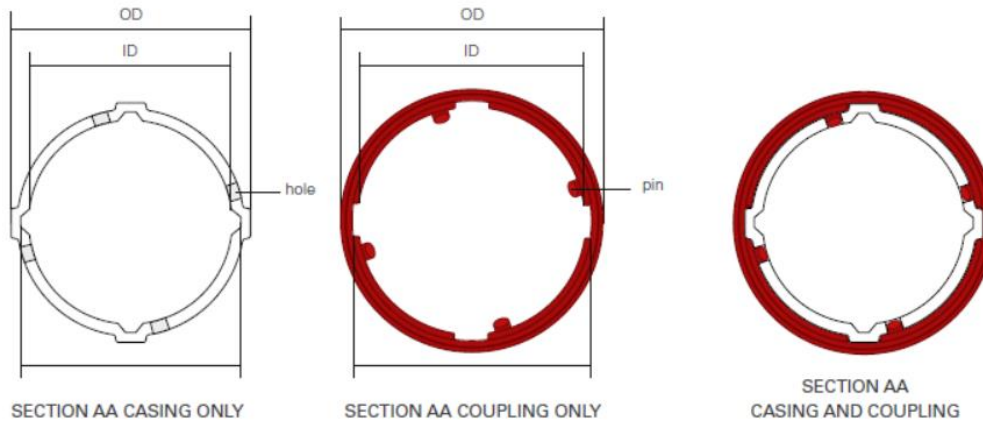


Figura 13 – Esempio di tubo inclinometrico.

Caratteristiche tecniche

Tipo sensore	MEMS biassiale
Passo sonda	50 cm
Campo di misura	+/- 30°
Risoluzione	0.005 mm
Ripetibilità	0.003°
Temperatura di esercizio	-20...+70 °C
Materiale sonda	acciaio inossidabile
Cavo	in PU a 4 conduttori
Lunghezza cavo	50 o 100 m
Sistema operativo	Android



Figura 14 – Esempio di sonda inclinometrica.

6.11 Clinometri

Il clinometro elettrico di superficie è costituito da un contenitore stagno per l'alloggiamento del sensore inclinometrico che può essere di tipo micro elettromeccanico MEMS mono o biassiali o di tipo elettrolitico biassiale. Il fondo scala dovrà essere di massimo +/-2° o +/-5°; lo strumento deve essere fornito di termometro integrato nello strumento per valutare l'effetto termico sulla struttura e sul sensore per distinguere le variazioni termiche dalle reali rotazioni.

Le misure dovranno essere rilevate tramite centralina portatile manuale oppure tramite datalogger, se la gestione delle misure avviene in automatico.

L'installazione dello strumento deve avvenire tramite il fissaggio della piastra di ancoraggio, progettata per collegare il clinometro di superficie alla struttura in una posizione iniziale verticale e successivamente, tramite il giunto sferico di eseguire la messa a zero del sensore.

D-TILTMETER	S541HD	S542HD
Measurement principle	Uniaxial self-compensated MEMS inclinometer	Biaxial self-compensated MEMS inclinometer
Measuring range	$\pm 2.5^\circ, \pm 5^\circ, \pm 10^\circ$ ($\pm 15^\circ, \pm 30^\circ$ on request)	$\pm 2.5^\circ, \pm 5^\circ, \pm 10^\circ$ ($\pm 15^\circ, \pm 30^\circ$ on request)
Sensor resolution	0.0013° (4.68 arc-sec)	0.0013° (4.68 arc-sec)
Sensitivity ⁽¹⁾	see calibration report	see calibration report
Accuracy: Pol. MPE ⁽²⁾	$\pm 0.050\%$ FS for $\pm 2.5^\circ$ $\pm 0.015\%$ FS for $\pm 5^\circ$ $\pm 0.010\%$ FS for $\pm 10^\circ$	$\pm 0.050\%$ FS for $\pm 2.5^\circ$ $\pm 0.015\%$ FS for $\pm 5^\circ$ $\pm 0.010\%$ FS for $\pm 10^\circ$
Lin. MPE ⁽²⁾	$\pm 0.070\%$ FS for $\pm 2.5^\circ$ $\pm 0.020\%$ FS for $\pm 5^\circ, \pm 10^\circ$	$\pm 0.070\%$ FS for $\pm 2.5^\circ$ $\pm 0.020\%$ FS for $\pm 5^\circ, \pm 10^\circ$
Temperature dependency	$\pm 0.005\%$ FS / °C	$\pm 0.005\%$ FS / °C
Power supply	from 8 to 28 Vdc	from 8 to 28 Vdc
Signal output	RS485, Modbus RTU protocol ⁽³⁾	RS-485, Modbus RTU protocol ⁽³⁾
A/D converter	32 bit, precision 38-kSPS	32 bit, precision 38-kSPS
Max consumption (per axis)	7 mA @ 24 Vdc, 12 mA @ 12 Vdc	7 mA @ 24 Vdc, 12 mA @ 12 Vdc
Temperature operating range	from -30°C to +70°C	from -30°C to +70°C
Built-in temperature sensor -range -accuracy	Temperature sensor of electronic board from -40°C to +125°C $\pm 1^\circ\text{C}$ (-10°C + 85°C)	Temperature sensor of electronic board from -40°C to +125°C $\pm 1^\circ\text{C}$ (-10°C + 85°C)
Signal cable	0WE104SG0ZH	0WE104SG0ZH
Max. cable length to logger	1000 m (for more information see FAQ #073) ⁽⁴⁾	1000 m (for more information see FAQ #073) ⁽⁴⁾

(1) Sensitivity is a specific parameter different for every gauge. The sensitivity is calculated during gauge calibration test and inserted into the Calibration Report.

(2) MPE is the Maximum Permitted Error on the measuring range (FSR). In the Calibration Report, the accuracies of the gauge are calculated using both linear regression (Lin. MPE) and polynomial correction (Pol. MPE)

(3) Default output is sen a, other units available are degree, mm/m or inch/feet to be requested at order. Siggeo Modbus protocol manual is available for download at [this page](#).

(4) Refer to FAQ section on Siggeo website: www.siggeo.com/faq



Figura 15 – Esempio di clinometro.



Figura 16 - Esempio di data logger.

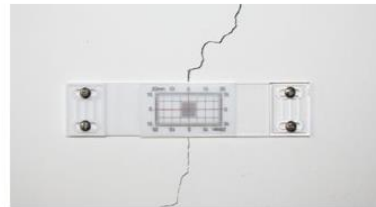
6.12 Fessurimetri

I fessurimetri tridirezionali dovranno essere vincolati rigidamente ad una parete tramite ancoraggi a cavallo della lesione da monitorare, al fine di verificarne l'evoluzione nel tempo secondo tre direzioni ortogonali di spostamento.

Il fessurimetro è formato essenzialmente dai seguenti elementi:

- telaio in acciaio inox suddiviso in due elementi, da installare ai due lati opposti della discontinuità, sagomati in modo tale da poter inserire il comparatore meccanico ed effettuare le misure secondo le tre direzioni x, y e z;
- staffe di ancoraggio;
- comparatore a lettura manuale con le seguenti caratteristiche minime;
 - risoluzione pari ad almeno 0,01 mm;
 - campo di misura minimo = 0-50 mm;
 - precisione di misura minima = 0,02-0,05 mm.

PRODUCT CODE	0D300LINE00
Application	wall / flat surfaces
Type	biaxial
Mechanical range	±20mm (X axis), ±10mm (Y axis)
Distance between fixing point	122 mm ±5 mm
Overall dimension	148 x 32 x 5 mm
Material	polycarbonate



PRODUCT CODE	0D300CORN00
Application	crack on corner, adjustable angle
Type	biaxial
Mechanical range	±20mm (X axis), ±10mm (Y axis)
Overall dimension	204 x 32 x 5 mm
Material	polycarbonate



PRODUCT CODE	0D300PAVI00
Application	crack across wall and floor
Type	biaxial
Mechanical range	±20mm (X axis), ±10mm (Y axis)
Overall dimension	120 x 32 x 5 mm (floor), 80 x 32 x 5 mm (wall)
Material	polycarbonate

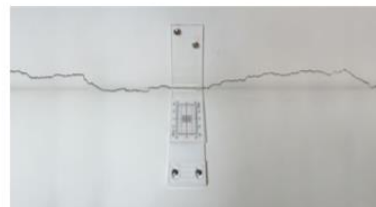


Figura 17 - Esempio di fessurimetro.